

UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE
FACULTE DE DROIT ET DE SCIENCE POLITIQUE

POLE TRANSPORTS
INSTITUT DE FORMATION UNIVERSITAIRE ET DE
RECHERCHE DU TRANSPORT AERIEN (IFURTA)

**« L'ARRET DE LA PRODUCTION DES
AVIONS DE LIGNE CIVILS
QUADRIREACTEURS EQUIVAUT-ELLE A
UNE FIN DE LEUR EXPLOITATION ? »**

Mémoire pour l'obtention du
Master 2 - Droit et Management du Transport Aérien

Par

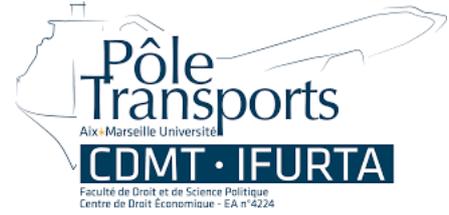
Inès SIMOUD

Sous la direction de Mme. Julie LABORDE DIT BOURIAT, co-directrice de
l'IFURTA

Année universitaire 2020-2021



Faculté de Droit et
de Science Politique
Aix-Marseille Université



UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE
FACULTE DE DROIT ET DE SCIENCE POLITIQUE

POLE TRANSPORTS
INSTITUT DE FORMATION UNIVERSITAIRE ET DE
RECHERCHE DU TRANSPORT AERIEN (IFURTA)

**« L'ARRET DE LA PRODUCTION DES
AVIONS DE LIGNE CIVILS
QUADRIREACTEURS EQUIVAUT-ELLE A
UNE FIN DE LEUR EXPLOITATION ? »**

Mémoire pour l'obtention du
Master 2 - Droit et Management du Transport Aérien

Par

Inès SIMOUD

Sous la direction de Mme. Julie LABORDE DIT BOURIAT, co-directrice de
l'IFURTA

Année universitaire 2020-2021

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je voudrais remercier l'ensemble des intervenants professeurs de l'IFURTA pour avoir partagé leur savoir et leurs expériences.

Je tiens également à remercier l'équipe pédagogique de l'IFURTA. Malgré cette crise sanitaire, nous avons pu compter sur leur présence, leur bienveillance ainsi que leur dévouement pour avoir fait de cette année une merveilleuse expérience.

Je souhaite également remercier Madame Françoise Derout, CEO d'Air Space Drone, ma tutrice d'alternance, pour m'avoir permis de conserver mon sujet de mémoire malgré qu'il ne soit pas en adéquation avec le secteur d'activité de l'entreprise.

Je remercie également ma directrice de mémoire Madame Julie Laborde Dit Bouriat, pour ses conseils, son aide, sa bienveillance, et aussi pour m'avoir donné l'opportunité de vivre cette année exceptionnelle.

Enfin, je tenais à remercier tout particulièrement Mademoiselle Cassandra ROTILY, responsable du Pôle Nouvelles Technologies d'Air Space Drone pour son aide, son soutien et surtout le temps passé à m'aider dans la réalisation de ce mémoire.

AVERTISSEMENT

La Faculté de Droit et de Sciences Politiques de l'Université d'Aix-Marseille ainsi que l'Institut de Formation Universitaire et de Recherche du Transport Aérien d'Aix-en-Provence n'entendent donner ni approbation ni improbation aux opinions émises dans ce mémoire. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leur auteur.

EPIGRAPHE

*« Ce véritable paquebot du ciel fera date dans l'histoire de l'aéronautique,
comme l'Éole de Clément Ader, la Caravelle et le Concorde »*

Jacques Chirac, ancien Président de la République Française.

*« C'est le symbole de la puissance économique et de l'innovation européenne,
songez que l'A380 aura des commandes jusqu'en 2030 et qu'il volera
jusqu'en 2050 »*

Tony Blair, Ex-Premier Ministre Britannique.

« Nous savons que l'A380 est terminé, que le 747 est terminé »

Tim Clark, Président d'Emirates

SOMMAIRE

Introduction

Partie I. La possible fin d'une ère dans l'aviation civile

Titre I. Des appareils devenus obsolètes

Chapitre I. Des difficultés mettant en cause l'exploitation des très gros porteurs

Chapitre II. L'émergence de nouveaux appareils plus attractifs

Titre II. Des appareils nécessaires au trafic aérien

Chapitre I. De belles années de vols à venir malgré tout

Chapitre II. Des conséquences sur le trafic dans les aéroports

Partie II. Une fin nuancée par l'innovation, insuffisante au regard de la protection de l'environnement

Titre I. Une possible réutilisation de ces gros porteurs

Chapitre I. Une nouvelle vie en avions cargo

Chapitre II. Ou en pièces recyclées

Titre II. La protection de l'environnement au cœur des préoccupations

Chapitre I. Des infrastructures spécialement conçues

Chapitre II. Une empreinte carbone incompatible avec les objectifs actuels

Conclusion

TABLE DES ACRONYMES ET SIGLES UTILISES

AESA : Agence Européenne de la Sécurité Aérienne

ATC: *Air traffic control*

ETOPS: *Extended-range Twin-engine Operation Performance Standards*

FAA: *Federal Aviation Administration*

LROPS: *Long Range Operational Performance Standards*

OACI : Organisation de l'aviation civile internationale

ULR: *Ultra Long Range*

VLA: *Very Large Aircraft*

CMA-CGM : Compagnie maritime d'affrètement - Compagnie générale
maritime

ONG : Organisations Non Gouvernementales

DGAC : Direction Générale de l'Aviation Civile

CORSIA : *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*

UE : Union européenne

UBS : Union des Banques Suisses

INTRODUCTION

Des milliards de personnes sillonnent le monde chaque jour en avion : difficile de croire que le transport aérien de passagers n'a que deux siècles ! L'aviation commerciale est un secteur important. 4,5 milliards de personnes ont pris l'avion en 2019 selon l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI). Voyager n'est plus un luxe réservé à une élite ; c'est désormais une nécessité pour des milliards de personnes. Pour répondre à cette demande, la technologie est en première ligne.

Le constructeur Boeing a été pendant longtemps le plus gros constructeur aérien du monde. Depuis son siège situé à Seattle, il a produit des avions tous plus célèbres les uns que les autres. En 2018, son chiffre d'affaires était de plus de 100 milliards de dollars¹. En 1960, Boeing a sorti son 747, appareil quadriréacteur et double pont.

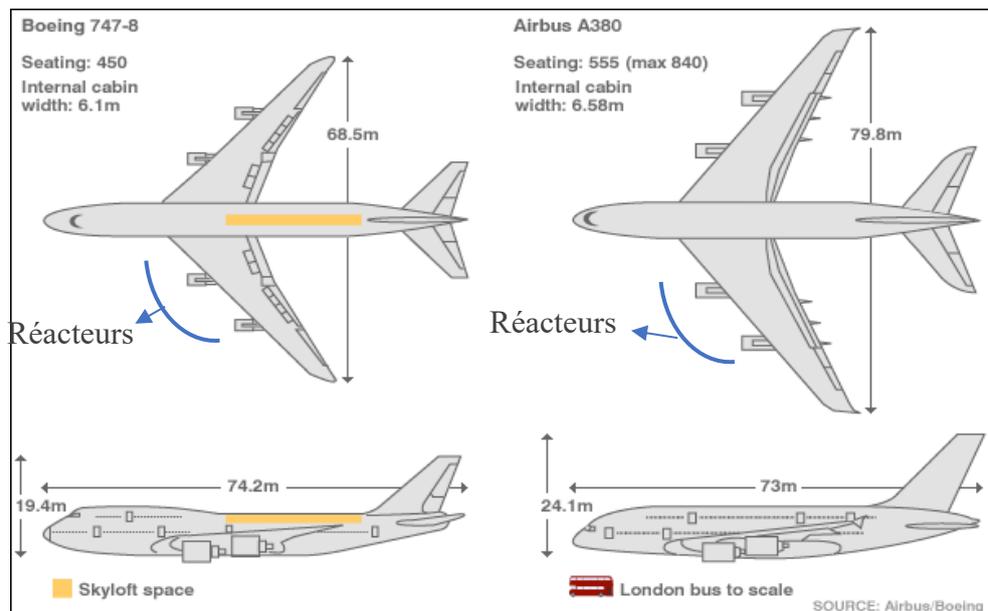
Afin de concurrencer ce géant des airs, le 25 octobre 2007, Airbus lance son A380. L'A380 est également un quadriréacteur double pont de 80 mètres d'envergure et d'une longueur de 73 mètres, capable de réaliser 15.000 kilomètres sans escale, c'est le plus gros avion commercial du monde, puisqu'il peut embarquer jusqu'à 853 passagers. Il représentait le plus grand challenge de ces vingt dernières années.

¹ B. TREVIDIC, « Boeing passe le cap des 100 milliards de dollars de chiffre d'affaires », Les Échos, 30.01.2019.

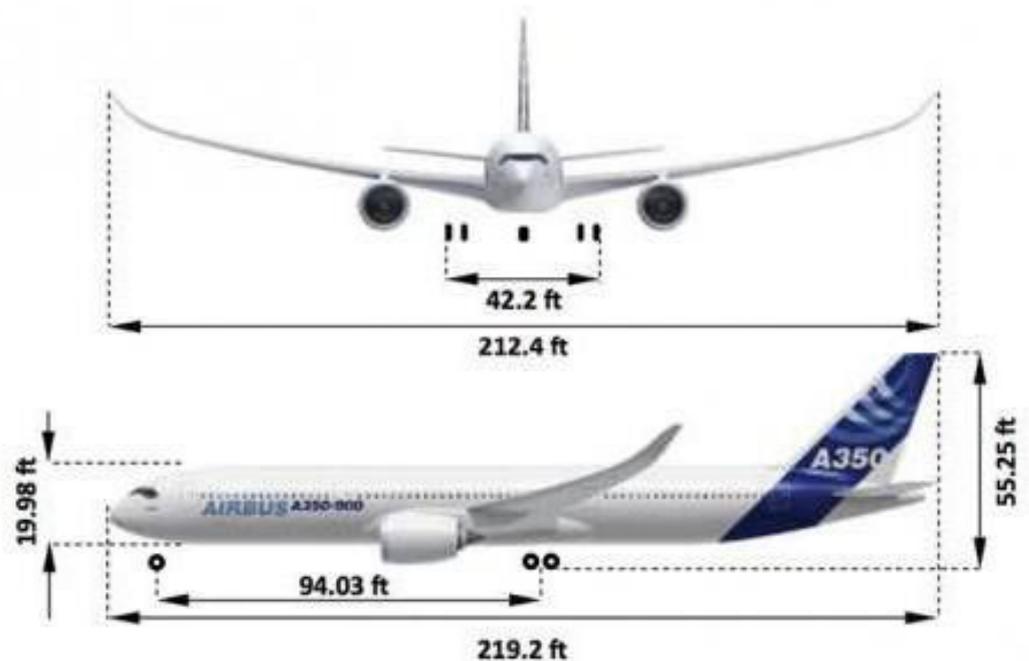
I- Présentation des appareils et historique

A- Le marché des très gros porteurs civils

Un avion gros porteur ou très gros porteur est un avion de transport de très grande capacité. C'est un avion de ligne comportant deux couloirs en cabine passagers au pont principal. Les avions gros-porteurs sont initialement conçus pour combiner le rendement, le confort des passagers et augmenter l'espace de chargement. Les avions gros-porteurs sont également utilisés pour le transport de fret commercial et d'autres utilisations spéciales. Les plus grands avions à fuselage large, comme le Boeing 747 et l'Airbus A380, sont connus en raison de leur très grande taille et de leur nombre de réacteurs puisqu'ils en ont respectivement quatre. Voici ci-dessous un schéma montrant le Boeing 747 et l'A380 ainsi que leurs quatre réacteurs.



Ces appareils de différencient des autres avions puisque ce sont les seuls sur le marché à avoir quatre réacteurs. La plupart des autres appareils composant la flotte d'une compagnie aérienne disposent de deux réacteurs, ils sont appelés biréacteurs. En voici un exemple avec ce schéma l'Airbus A350.



Un réacteur est un moteur à réaction dont l'énergie se développe par simple poussée de gaz à l'arrière du moteur. Appelé plus techniquement turboréacteur, le réacteur est un système de propulsion essentiellement utilisé pour les avions. La poussée résulte de l'accélération de l'air entre l'entrée (manche à air) et la sortie (tuyère). Elle est obtenue par la combustion d'un carburant, généralement du kérosène, dans l'oxygène de l'air. Une partie de l'énergie produite est récupérée par une turbine et sert à comprimer, à l'entrée du réacteur, l'air, utilisé comme comburant. C'est l'un des plus anciens systèmes de moteurs à réaction. Il a été développé par deux ingénieurs durant les années 1930, Frank Whittle au Royaume-Uni et Hans Von Ohain en Allemagne. L'industrie du turboréacteur est un secteur majeur de l'aéronautique et donc un facteur important du développement

économique. C'est aussi une technologie de pointe, grande utilisatrice de recherche appliquée, et donc un facteur d'autonomie dans le domaine de la défense.

Pas une semaine ne se passe sans que l'on n'évoque le secteur aérien, positivement ou négativement. Depuis 2019, l'arrêt du programme A380 est au cœur de l'attention médiatique. Il en va de même des déboires du Boeing 737 Max, de la polémique autour de la privatisation d'Aéroports de Paris ou encore du « flygskam » (soit la honte de prendre l'avion), une tendance suédoise qui s'est récemment répandue et affecterait déjà le trafic aérien du pays.

Si ce boycott récent n'a qu'un impact marginal sur le secteur, le phénomène interpelle, puisqu'il va à rebours de la croissance exponentielle que connaît le trafic aérien depuis plus de 40 ans et que rien ne semblait pouvoir enrayer jusqu'à la crise liée au Covid-19 de mars 2020.

Les chiffres sont assez impressionnants puisqu'en 2018, 4,3 milliards de passagers ont embarqué sur l'une des 1 300 compagnies aériennes à travers le monde. Plus que le nombre de passagers en valeur absolue, c'est la croissance fulgurante du secteur qui frappe. Tous les 15 ans, le transport aérien voit son nombre de passagers doubler (**voir annexe 1**).

On peut aussi appréhender le trafic aérien par la taille de la flotte mondiale : plus de 24 000 avions commerciaux (transportant des passagers) parcourent le monde. En 2018, ces avions ont réalisé plus de 38 millions de vols vers l'un des 3 500 aéroports commerciaux.

Derrière ces chiffres impressionnants, on retrouve pourtant d'importantes disparités géographiques. Si le transport aérien croît en moyenne de 6 % par an, les écarts régionaux demeurent considérables : sa croissance annuelle est de l'ordre de 8 à 10 % dans les pays asiatiques ou du Moyen-Orient, mais de 3 à 4 % « seulement » en Europe ou aux États-Unis.

Cette évolution différenciée a profondément modifié le poids des différents continents dans le trafic global. En 2000, l'Amérique du Nord représentait à elle seule 40 % du trafic alors que l'Europe en représentait 26 % et l'Asie 22 %. Près de 20 ans plus tard, l'Asie domine le marché avec près de 36 % du trafic mondial, suivie par l'Europe avec 26 % et l'Amérique du Nord avec 24 % (**voir annexe 2**).

Cette demande s'analyse par le niveau de développement car si 4,3 milliards de passagers ont pris l'avion en 2018, cela ne signifie absolument pas que 4,3 milliards d'êtres humains différents ont embarqué, certains ont pu voyager plusieurs fois au cours de l'année. De plus, il ne faut pas oublier que la grande majorité de ces passagers aériens sont issus des pays développés ou de la classe moyenne des pays en développement. Il existe en effet une étroite relation entre le niveau de développement d'un pays et le transport aérien.

Ce dernier dépend ainsi fortement de la croissance économique globale et nationale. Des indicateurs comme « l'élasticité-revenu » montrent que lorsque le PIB d'un pays augmente de 1 %, la consommation de transport aérien dans ce pays croît également de 1,5 à 2 % selon le niveau de développement du pays. Le déploiement économique de l'Asie (et l'émergence d'une classe moyenne) explique donc la part croissante de ce continent dans le trafic aérien mondial.

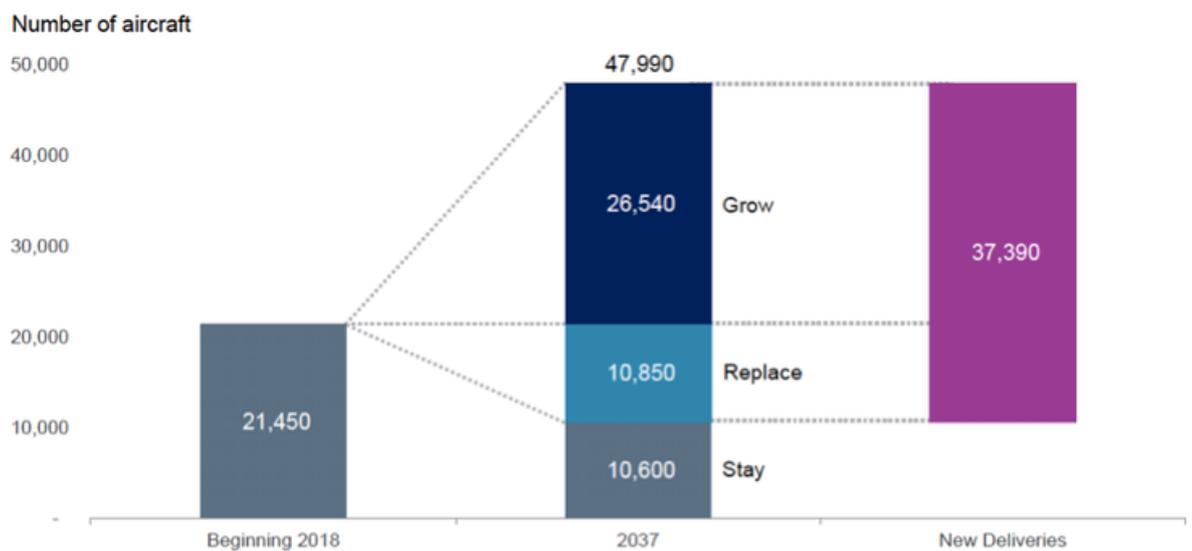
Pour autant, le développement économique d'un pays ne fait pas tout et l'offre aérienne a elle aussi profondément évolué au cours des dernières années. Des facteurs politiques et législatifs ont ainsi contribué à la démocratisation du transport aérien, en particulier en Europe et aux États-Unis, où sa libéralisation (en 1978 aux États-Unis et en 1997 en Europe) a favorisé l'entrée de nouveaux acteurs sur le marché aérien et la remise en cause des monopoles nationaux.

Parmi ces nouveaux acteurs, l'émergence des compagnies dites « à bas coûts » (comme Ryanair, Easyjet ou encore French Bee) a radicalement modifié la nature du secteur. Easyjet a réussi car elle a été au point de rencontre d'une demande de la clientèle avec des prix plus bas et des produits plus simples. Les compagnies à bas coûts contribuent à une très forte intensification aérienne en Europe : à ce jour, elles représentent 25 % du trafic mondial et plus de 40 % du trafic en Europe. Mais elles ont surtout influencé les prix des autres compagnies, les contraignant à réduire leurs coûts pour offrir des billets moins chers. Il faut toutefois nuancer cette croissance du secteur aérien. Si le nombre de passagers ne cesse d'augmenter, les profits des compagnies aériennes ne sont pas pour autant plus élevés. Une forte pression concurrentielle conjuguée à une forte volatilité du cours des matières premières en font l'un des secteurs les moins rentables.

Si la situation économique actuelle des entreprises aériennes semble s'améliorer, elle reste essentiellement conjoncturelle. Une augmentation significative du prix du baril de pétrole pourrait amener de nombreuses compagnies à la faillite ou pourrait replonger dans le rouge les plus gros acteurs du secteur.

En dépit de profits relativement faibles, rien ne semblait arrêter la croissance du secteur aérien. Selon les prévisions réalisées par Boeing et Airbus en 2018, à l'horizon 2037-2038, les compagnies aériennes devraient transporter plus de 8 milliards de passagers par an – soit deux fois le nombre actuel de passagers.

Pour cela, la flotte d'avions devra elle aussi doubler pour compter plus de 48 000 avions dans les airs en 2038 et la majorité de ces avions seront des monocouloirs. Nous étudierons tout au long de ce mémoire pourquoi est-ce que les flottes ne seront pas majoritairement composées de bi-couloirs afin de faire face à l'augmentation de la demande puisqu'ils peuvent transporter plus de passagers.



Évolution de la flotte mondiale et volume de livraisons prévues par Airbus.

À la vue de ces statistiques, l'impact environnemental de la croissance du transport aérien inquiète. La situation est pourtant paradoxale. Alors que le transport aérien est vu par la population comme un mode de transport polluant, le secteur ne représente à ce jour que 2 % des émissions de CO₂ à

l'échelle mondiale et ses émissions augmentent 2 à 3 fois moins vite que le trafic.

En effet, la consommation (énergétique) des avions n'a cessé de baisser au cours des dernières années et les dernières générations d'avions (comme le B787 ou l'A350) consomment près de 3 litres au 100 kilomètres par passager (soit la consommation d'une voiture hybride avec un passager à bord).

Par ailleurs, pour éviter que la croissance du transport aérien ne double les émissions carbone, les compagnies aériennes et les constructeurs aériens se sont engagés dans des systèmes de limitation des émissions carbone, comme le programme CORSIA. Par ailleurs, Transavia travaille avec Open Airlines sur le projet Sky Breathe, dont le but est d'utiliser les données de vol pour voir comment limiter les émissions de CO₂. En s'appuyant sur des améliorations technologiques, du contrôle aérien et des carburants alternatifs, l'objectif est de ne pas dépasser les émissions de 2020 et donc de générer une croissance du transport aérien qui soit neutre pour l'environnement (**voir annexe 3**). Mais la part des 2% d'émissions de CO₂ reste à nuancer et nous développerons cela plus tard dans un Titre II.

Le transport aérien a ainsi beaucoup changé ces dernières années, influencé par les tendances mondiales. Cela lui a permis de se développer sur de nouveaux continents. Malgré la fluctuation des coûts du pétrole, le durcissement des politiques environnementales et l'arrivée de « modes » comme la honte de prendre l'avion, le transport aérien n'a cessé de croître et se développer et pour répondre à cette croissance exponentielle, les

constructeurs notamment Airbus ont conçu un avion plus grand, plus gros, plus performant, plus rapide et avec une meilleure autonomie appelé l'airbus A380 et qui fera concurrence à son prédécesseur le B747 développé par le constructeur américain Boeing.

B- Présentation des appareils

L'historique des constructeurs permet de mieux comprendre le développement des gros et très gros porteurs. En effet, jusqu'en 1970, Boeing était le plus gros constructeur d'avions et les petites entreprises n'avaient aucune emprise. Airbus est alors apparu mais s'est concentré sur les petits appareils afin de se faire une place proche de Boeing. L'entreprise a ensuite sorti son A340 en 1991 disposant de nombreuses innovations et obtiendra ainsi 50% des parts de marché au détriment de Boeing. Une course va alors commencer entre les deux constructeurs, qui vont insister sur le marketing, en baissant les prix des avions pour les compagnies aériennes tout en augmentant les innovations présentes dans les appareils ainsi que la qualité des services. Airbus a sorti progressivement son A380 (**voir annexe 1 : les étapes de la mise en service de l'A380**) et a dépassé Boeing dans les parts de marché, un dépassement auquel le constructeur américain a répondu en mettant en service son 787 Dreamliner. Les constructeurs n'ont cessé de développer la taille de leurs appareils afin de répondre sans doute à une demande des compagnies aériennes qui ont étudié le marché et ont constaté à ce moment du développement de l'aéronautique que plus l'avion était gros, plus les frais inhérents seraient diminués.

L'aviation ne cesse de se développer au fil des années en essayant d'être de plus en plus performante, de moins en moins polluante et avec un minimum de nuisances. Les plus grands ingénieurs ont permis le développement et l'évolution des appareils. Le marketing a également joué un rôle fondamental permettant le monopole de ces deux constructeurs qui ont encore de grandes perspectives commerciales devant eux. Il existe actuellement de nombreux types d'avions, petits, moyens et gros porteurs qui sont ou vont être commercialisés.

Plusieurs types d'avions peuvent être considérés comme des gros porteurs (B747, B746, DC10, B777, DM11, A310, A350, A340, A380). Les gros porteurs peuvent être définis de différentes manières, on considérera que l'on peut dire qu'un avion est un gros porteur lorsque sa capacité est approximativement de 400 places avec en tête l'A380 (**Annexe 2 : les plus gros porteurs**).

Dans ce mémoire nous allons nous concentrer sur les très gros porteurs que sont l'A380 et le Boeing 747.

Lors de sa mise en service et jusqu'à ces dernières années, le Boeing 747-800 est un avion remarquable qui satisfait tout le monde, c'est la quatrième génération et plus grande version du 747. C'est le plus grand avion commercial construit aux Etats-Unis et le plus long avion à passagers au monde². C'est le plus grand avion-cargo et c'est également l'avion le plus efficace du point de vue de la vitesse. C'est une innovation qui peut réduire la traînée, il dispose de nouveaux systèmes d'avionique et d'un nouveau poste de pilotage. On compte actuellement 471 appareils qui desservent plus de

² Jon Ostrower, « Boeing 747-8 completes first flight », flight international, 20 mars 2011.

210 aéroports dans le monde. L'appareil destiné aux passagers est composé de 400 à 500 places. Son rôle est d'offrir aux compagnies un avion de grande capacité et de limiter les risques.

L'A380 quant à lui est également un quadriréacteur mais européen puisqu'il a été pensé et réalisé par la société Airbus. Sa mise en service date de 2007 mais son premier vol a été effectué en 2005. C'est un long courrier assemblé à Toulouse qui permet de transporter de 525 à 853 passagers suivant la configuration et dont la vitesse maximale est de 953 km/heure.

L'Airbus A380 a une envergure de 80 mètres, il pose ainsi certaines contraintes de taille pour l'utilisation des infrastructures aéroportuaires existantes lors de sa commercialisation. Son pont a une superficie supérieure de 49% par rapport au Boeing 747, il permet ainsi de transporter 35% de passagers en plus. Il peut ainsi se rendre dans tous les aéroports pouvant accueillir le B747.

Le poste de pilotage de l'A380 se situe entre les deux ponts pour gagner sur la traînée et réduire le bruit aérodynamique tout en facilitant l'accès de l'équipage technique aux deux ponts passagers. Le cockpit permet qu'une seule qualification des pilotes soit suffisante pour l'ensemble de la famille A380. Il est automatisé et dispose de commandes électriques ce qui facilite le pilotage. En créant l'A380, les designers ont pensé à laisser une surface d'affichage supérieure aux autres avions. Il y a deux écrans en plus avec des boîtiers de commande et d'affichage du système de gestion de vol et des messages reçus. Un écran unique permet de gérer le dialogue avec les tours de contrôle. C'est « *un système d'information qui stockera les cartes d'aéroport, permettra la préparation du vol, le calcul du centrage de l'avion, la mise à jour du carnet de vol et la liaison avec les opérateurs de maintenance* ».

Pour pouvoir voler, l'A380 a dû être certifié, cette mission appartient à l'agence de la sécurité aérienne et la *Federal Aviation Administration* (FAA). Lors de la date de cette certification l'agence prenait en compte la technologie de l'A380 et montre que l'appareil dispose bien des performances nécessaires, qu'il est autonome, respecte l'environnement et est confortable pour les passagers. Des essais ont été effectués dans l'obscurité et filmés à l'aide de caméras infrarouges afin que rien n'échappe à la certification. À l'époque de sa création, tous les coûts étaient diminués grâce à une faible consommation de carburant de l'appareil. L'A380 avait peu d'impact sur l'environnement et c'est le plus silencieux des avions. Il dispose de la cabine la plus silencieuse et offre des vols plus confortables que la plupart des autres avions sur le marché. Les pilotes apprécient la qualité des vols qui semble être supérieure aux autres. Pour sa certification, un tour du monde a été effectué.

L'A380 a été conçu afin de répondre à un besoin. En effet, lors de sa mise en service en 2007, les prévisions annonçaient un trafic international multiplié par trois pour 2025 et ce nouveau super jumbo allait changer la mobilité aérienne existante puisqu'à lui seul il pouvait transporter l'équivalent d'un B777-200 et d'un A340. En effet, l'utilisation d'avions de plus de 500 places permettait de transporter plus de passagers et de bagages en absorbant partiellement la hausse du trafic aérien. Mais c'était sans compter sur le changement climatique, les réglementations sur les nuisances sonores, la pollution et enfin sur la crise du COVID-19 qui ont changé la donne.

De plus, l'A380 ne desservant que de grands axes, il est présent sur les plus grands aéroports comme les HUB, il nécessite pour la plupart des passagers une correspondance au départ comme à l'arrivée ce qui entraîne une perte de temps et de carburant annulant tous les bénéfices de l'avion.

Ainsi, l'A380 a été conçu en partie afin de désengorger les aéroports mais cette mission qui lui était confiée n'est pas tout à fait remplie puisqu'il faut prévoir d'autres avions afin d'acheminer les passagers dans des aéroports plus petits ne pouvant accueillir d'A380.

Lors de sa conception, l'A380 ne semblait présenter que des avantages et on pensait qu'il révolutionnerait le transport aérien. Pourtant, treize années après sa première mise en service, sa production a été totalement arrêtée et certaines compagnies comme Air France ont vendu tous leurs appareils. Il en est de même pour le Boeing 747 qui n'est plus produit par le constructeur américain depuis 2020 également.

II- L'utilité de ces appareils

A- L'augmentation de la congestion des aéroports

Lors de la conception de l'A380, la demande de *Very large aircraft* (VLA) ne cesse d'augmenter puisque les gros porteurs permettent les trajets longs courriers. L'A380 peut transporter 35% de passagers en plus que ses concurrents et peut rejoindre les destinations les plus éloignées puisqu'il dispose d'une large autonomie. Ils sont également très attractifs pour les HUB tel que l'aéroport de Roissy Charles de Gaulle au sein duquel la part des gros porteurs s'élève à 20% du trafic ce qui est une part non négligeable pour l'aéroport au moment de la conception de ce gros porteur. De plus, dans ces HUB, les infrastructures sont déjà conséquentes puisque ce sont des aéroports qui accueillent déjà de très gros avions tel que le B777, l'A340 et le B747 ainsi le coût d'investissement pour accueillir les A380 est moindre

contrairement à un aéroport de petite ou moyenne envergure ce qui permettra de rendre ces travaux d'aménagement rentables pour l'aéroport.

Le principal problème qui se pose lors de la conception des A380 est l'augmentation constante de la demande des passagers qui n'est pas en adéquation avec la capacité des aéroports. La congestion aéroportuaire est très importante et la demande dépasse l'agrandissement possible des infrastructures et c'est cette congestion qui aura de plus en plus d'impact sur le trafic aérien dès 2005 mais également sur le développement et la croissance du transport aérien qui arrivent à leur paroxysme.

Depuis les années 70 où le premier B747 a fait son apparition, la navigation aérienne a augmenté, doublant tous les quinze ans environ. Ce phénomène ne cesse de s'amplifier pour atteindre un record mondial de passagers en 2019 de 4,5 milliards de passagers. Mais les aéroports eux ne vont pas doubler leurs infrastructures tous les quinze ans. Cette congestion aéroportuaire est due à une pression sur les infrastructures car il n'y a plus d'espaces libres afin d'agrandir les aéroports principaux et ce partout dans le monde. Et ces problèmes d'encombrement des aéroports entraînent avec eux des difficultés sur le contrôle aérien ce qui se répercute de plus en plus sur les compagnies aériennes.

En effet, la congestion cause des ruptures opérationnelles sérieuses qui ne doivent pas être négligées car elles peuvent provoquer des accidents dus à une mauvaise coordination, un manque d'organisation, un afflux d'avions trop importants arrivant au même moment, entraînant un stress qui fait commettre certaines erreurs qui peuvent engendrer un simple retard comme un accident. Les vols retardés, que ce soit au départ ou à l'arrivée, ne cessent de croître, ce qui provoque des pénalités économiques pour les compagnies et les aéroports car les coûts de ces retards peuvent être très élevés. A ces

pénalités s'ajoutent également un besoin en carburant plus important pour les aéronefs et une augmentation des émissions de CO₂.

La congestion des aéroports est également le résultat d'autres facteurs que l'augmentation de la demande des passagers. En effet, même si un aéroport a la capacité de s'agrandir afin de faire atterrir et décoller plus d'aéronefs, il doit faire face à de nombreuses contraintes notamment concernant le bruit, les systèmes de pistes de décollage et d'atterrissage, les positions de stationnement d'avion, les portes d'embarquement, les terminaux passagers etc... La capacité des terminaux et des portes d'embarquement figure parmi les contraintes les plus importantes notamment en Amérique du Nord. En revanche, en Europe la contrainte qui figure en première position reste le bruit qui demande une limitation des vols pour les riverains et c'est dans ce cadre qu'interviennent les très gros porteurs qui apportent un soulagement à ces problématiques notamment environnementales comme le bruit qui limitait 32% des aéroports européens en 2006 ou les normes sont plus strictes qu'ailleurs. L'A380 est donc à cette époque l'avion idéal puisqu'en novembre 2007, l'Agence Européenne de la Sécurité Aérienne (AESA) et la FAA ont validé les niveaux de bruit externes de l'A380 en le décrivant comme l'avion le plus silencieux du marché. En effet, les deux versions de l'A380, passager et cargo, génèrent 50% de bruit en moins au décollage et à l'atterrissage par rapport à leurs concurrents. L'appareil a donc plus de souplesse pour effectuer des vols de nuit, ayant un impact sonore limité sur la population environnante.

B- Une saturation de l'espace aérien

On constate que le ciel de l'Europe est saturé, le contrôle aérien (*Air Traffic control- ATC*) n'arrive plus à répondre à la demande et les conséquences ne sont pas négligeables pour les compagnies aériennes et les passagers. Les capacités des centres de contrôle du trafic aérien en France n'arrivent plus à gérer l'augmentation du nombre de vols qui ne cesse de croître et entraîne des coûts liés aux retards engendrés. Entre 2003 et 2007 les délais d'attente pour un vol ont augmenté, passant de 18% de vols retardés en 2003 à 26% en 2007 à cause de la saturation du ciel. Les avions sont même amenés à attendre dans le ciel avant de pouvoir se poser car il n'y a pas assez de contrôleurs aériens pour faire face aux évolutions du trafic. À cette époque, aux États-Unis, environ un tiers des vols sont retardés avec une moyenne de 62 minutes de retard et c'est pourquoi la FAA préconisait d'avoir des avions plus grands afin de faire diminuer la saturation aéroportuaire tout en transportant encore plus de passagers.

Il est possible de parler de saturation de l'espace aérien puisqu'en 2006, environ 50% du trafic aérien est effectué sur seulement 6% des routes aériennes existantes et reliant uniquement 2% des aéroports mondiaux. Le trafic aérien se concentre alors sur certaines lignes aériennes seulement. Ainsi des avions plus gros permettraient d'éviter la saturation de cet espace aérien et donc de transporter plus de passagers et d'éviter ainsi leur mécontentement.

Dans une première partie de cette instruction, nous nous sommes attelés à présenter le marché des très gros porteurs civils avant de les définir

et les décrire pour comprendre par la suite ce qui a conduit les constructeurs notamment Airbus à produire de très gros avions que sont les A380.

Cependant, ce marché des très gros porteurs, qui comme nous l'avons vu semblait si prometteur et répondait à beaucoup de problèmes dans le secteur aérien, s'est soldé par un arrêt complet de production de ces appareils supplémenté d'un échec commercial pour l'A380 qui a pourtant détrôné son prédécesseur le B747. On en vient alors à se demander quels sont les facteurs ayant entraîné l'arrêt de la production de ces très gros porteurs ainsi que leur disparition au sein de certaines compagnies majors comme Air France ou British Airways depuis 2019.

C'est ainsi que ce mémoire s'organisera autour de la question suivante : Peut-on dire que la fin de la production des avions de ligne civils très gros porteurs équivaut à une fin de leur exploitation ?

Afin de répondre à ces interrogations, nous verrons dans une première partie que l'avenir des très gros porteurs est très incertain depuis quelques années mais que cela reste à nuancer car il leur reste malgré tout encore de belles années de vol à venir.

Puis dans une seconde partie nous étudierons le devenir des aéronefs qui ne sont plus en service avec leur réutilisation ou leur transformation qui présentent malgré tout certaines limites notamment environnementales qui ne sont pas négligeables.

PARTIE 1 : La possible fin d'une ère dans l'aviation civile

Un petit rappel avant de commencer, ce mémoire traite uniquement des avions à passagers et exclut les avions cargos ainsi que l'aviation d'affaires. Les transporteurs de marchandises ne seront pas pris en compte, même si bon nombre d'entre eux opèrent le B747-400F. En effet, cet appareil est idéal pour transporter et assurer des livraisons de charges supérieures à 100 tonnes sur des longues distances. Entrant dans la catégorie des Large-fret, il possède une autonomie de 13 heures, idéale pour les vols long-courriers. De plus la disposition des portes de chargement latérales et au niveau du nez de l'avion facilitent le chargement de marchandises et permet de s'adapter à tous les besoins.

Ces vingt dernières années, de nombreuses compagnies aériennes ont bouleversé leurs flottes et leurs opérations afin de passer de flottes composées d'avions quadriréacteurs et biréacteurs à des flottes composées quasiment essentiellement d'aéronefs biréacteurs, plus efficaces. De ce fait, des avions comme les Airbus A380, A340 et les Boeing 747 ont été remplacés par les Boeing 777, 787, les Airbus A350 et A330.

En 2019, les résultats financiers d'Airbus n'ont jamais été aussi bons et pourtant c'est durant cette année que le tout dernier exemplaire de l'Airbus A380 a été commandé par la Compagnie aérienne Emirates. Selon Tom Enders, patron actuel du groupe aéronautique européen, le nombre de clients intéressés par ces aéronefs était considéré comme trop faible afin de continuer la production malgré le fait que le groupe avait envisagé une remotorisation de ses avions. Ainsi, avec l'arrêt de la production de l'A380 et

du B747, c'est finalement l'ère des quadriréacteurs civils qui arrive à échéance et c'est ce devenir plutôt sombre et incertain que nous allons étudier dans un **Titre I**. Cependant, malgré les difficultés rencontrées par ces aéronefs, certains facteurs laissent penser qu'ils ne devraient pas disparaître de sitôt du ciel international et c'est ce que nous verrons dans un **Titre II**.

TITRE I : Des appareils devenus obsolètes

La décision des deux plus gros constructeurs aéronautiques mondiaux de mettre fin à la production de leur quadriréacteur quasiment simultanément n'est pas due au hasard. Cette décision est la résultante de plusieurs facteurs ayant poussé les compagnies aériennes à se détourner de ces très gros porteurs (**Chapitre 1**) pour se concentrer sur des appareils plus petits mais tout aussi, voire plus performants (**Chapitre 2**).

Chapitre I. Des difficultés mettant en cause l'exploitation des très gros porteurs

Les avions très gros porteurs quadriréacteurs transportant des passagers ont rencontré un certain nombre de difficultés ces dernières années qui ont poussé leurs constructeurs Airbus et Boeing à mettre fin à leur production en 2021. Cela semble pourtant paradoxal, du moins pour l'Airbus A380 car sa production est arrêtée douze ans seulement après la première entrée en service d'un appareil de ce type et Airbus tout comme le monde aéronautique le qualifient même comme étant l'un des plus gros échecs de l'histoire de l'aéronautique puisqu'il serait encore plus coûteux que le Concorde ou l'A340.

L'A380 est pourtant le plus populaire des avions de ligne actuels, régulièrement placé en tête dans les sondages réalisés auprès des passagers pour le confort et le silence de sa cabine mais cela n'a pas empêché l'arrêt de sa production par son constructeur et l'arrêt de son exploitation par les compagnies aériennes. Parmi ces dernières, Singapore Airlines, a été la première compagnie aérienne à avoir reçu un A380 en 2007 mais qui est également la première à sortir de sa flotte ses cinq premiers appareils en 2020. On peut aussi citer Air France qui a mis fin à l'exploitation de ses dix appareils le 26 juin 2020.

La première raison ayant poussé les compagnies aériennes à se séparer de l'A380 est son coût. Le très gros porteur d'Airbus est non seulement le plus cher de tous les avions commerciaux, avec un prix catalogue de 445,6 millions de dollars, mais c'est aussi et surtout un appareil plus coûteux que les autres gros porteurs en matière de carburant et de maintenance. En effet, en moyenne, pour un vol de douze heures le coût de l'A380 revient à 20 % de plus que si le vol était effectué avec un Boeing 777-300ER, pour environ une centaine de sièges supplémentaires seulement. Ainsi, pour compenser ce surcoût, les compagnies aériennes doivent réussir à remplir l'appareil au maximum de sa capacité ce qui n'est pas envisageable et réalisable sur toutes les liaisons qui lui sont attribuées.

De plus, cet écart de coûts avec ses concurrents n'allait cesser de s'aggraver puisque Boeing prévoit l'arrivée sur le marché du B777-9 très prochainement, dont le premier vol a eu lieu le 25 janvier 2020 et qui est capable d'emporter jusqu'à 427 passagers en configuration tri-classes (contre 525 pour un A380), avec un coût au siège inférieur de 15 % à 20 % à celui

du 777-300ER, son prédécesseur, qui était déjà bien plus rentable pour les compagnies aériennes que l'A380.

La seconde raison ayant poussé les compagnies à se séparer de leurs appareils est le nombre limité de lignes qui lui sont adaptées. En effet, contrairement aux prévisions initiales d'Airbus, qui estimait en 2005 un marché potentiel de 1.400 très gros porteurs sur vingt ans, le nombre de liaisons adaptées à l'A380 s'est vite révélé limité. Pour être rentable, un A380 doit emporter, à recette unitaire égale, au moins 20 % de passagers de plus qu'un Boeing 777-300ER, dont la capacité peut atteindre 451 passagers en bi-classes, contre de 407 à 538 sièges sur les A380 actuellement en service. Et ce, à raison d'un aller-retour par jour. Or, les liaisons long-courriers offrant un tel potentiel de trafic ne sont pas infinies.

Air France, dont le réseau international est l'un des plus étendus et le HUB de Roissy-CDG, l'un des plus performants, n'en a identifié qu'une dizaine. Seule Emirates est parvenue à aller nettement au-delà, grâce à son modèle économique original de « hub long-courriers-long-courriers » consistant à mettre en correspondance à Dubaï, des vols long-courriers en provenance d'Asie-Pacifique, avec d'autres vols long-courriers à destination de l'Europe et de l'Amérique du Nord. Mais ce modèle original, qui doit beaucoup à la position géographique idéale de Dubaï et aux énormes moyens financiers déployés par l'émirat, n'a pas pu être répliqué ailleurs dans les mêmes proportions.

Ensuite, après réflexion on peut constater que pour l'A380 le marché a été probablement surestimé dans les années 1990. En effet, lorsqu'Airbus expose son programme de construction d'un très gros porteur quadrimoteur auprès des plus grandes compagnies aériennes, les dirigeants pensent que

l'avenir est aux très gros porteurs. En raison de la forte saturation des slots dans les aéroports et du nombre de passagers qui ne cesse de croître, les constructeurs et les compagnies aériennes voyaient dans ces appareils une solution durable mais ce ne fut finalement pas le cas pour plusieurs raisons.

Tout d'abord, lorsque la dernière version de l'appareil est proposée aux grandes compagnies aériennes en 1999, le projet séduit et en décembre 2000 le constructeur français affiche une cinquantaine de commandes de l'appareil et lance sa production. Cependant, les attaques du 11 septembre 2001 aux Etats Unis ont impacté le transport aérien tout comme la guerre d'Afghanistan qui fait rage depuis 2001 ou encore l'épidémie de SRAS de 2003 (l'histoire de 2003 se répèterait elle en 2020 ?) qui a fait perdre 6,5 milliards de dollars au transport aérien international. Ces facteurs ont poussé les compagnies aériennes internationales à la prudence et Airbus n'aura pas le nombre de commandes escomptées.

Le constructeur européen lui-même a connu une sorte de crise industrielle puisque les câbles électriques qui devaient raccorder les portions de fuselage construites en Allemagne avec les portions de fuselage construites en France n'étaient pas assez longs ce qui va amener Airbus à retarder de deux ans les premières livraisons de l'appareil. Ce qui va amener les compagnies aériennes à disposer de leurs géants des airs qu'à partir des années 2007-2008 qui sont les années du début de la crise des subprimes (crise financière) qui a impacté le marché aérien en freinant son expansion et surtout avec là encore, des conséquences désastreuses pour les compagnies aériennes, qui ne trouvaient pas les ressources nécessaires pour commander de nouveaux avions et qui ont préféré se limiter à des modèles plus petits et moins risqués, comme le Boeing 777.

De plus, lors de la présentation de son projet de nouvel appareil, Airbus avançait l'argument selon lequel son super-jumbo solutionnerait le problème de la saturation des aéroports qui se posait à ce moment-là et qui n'allait cesser d'empirer ce qui allait obliger les compagnies aériennes à utiliser des appareils plus gros puisqu'il n'y aurait plus assez de slots disponibles. Ce qui fut notamment le cas pour l'aéroport de New-York-JFK, Londres-Heathrow ou encore Tokyo-Haneda mais pas autant que le constructeur l'avait imaginé et ce n'est qu'une toute petite proportion des plus grands aéroports internationaux qui se sont retrouvés dépassés par le trafic aérien. Ici encore, Airbus aurait sûrement dû continuer à étudier l'évolution du trafic aérien avant de se lancer dans la production de l'appareil.

Par ailleurs, la crise de 2008 va pousser les consommateurs à moins dépenser donc à moins voyager ou voyager à moindre coût ce qui va favoriser l'expansion des compagnies européennes à bas coûts dites compagnies Low-cost qui vont pousser les grandes compagnies aériennes européennes « compagnies majors » à faire preuve de prudence vis-à-vis d'appareils aussi importants et à se tourner de nouveau vers le 777 de Boeing qui deviendra une sorte de référence dans les vols intercontinentaux. Du développement des compagnies low-cost résulte le développement des vols Low-cost moyen-courrier en Europe ce qui a incité les compagnies « majors » à remplacer des vols moyen-courriers par des long-courriers ce qui leur a permis de récupérer des créneaux afin d'être rentables.

Les grands HUBS européens ont également vu leur croissance rognée par la concurrence des pays du Golfe et la montée en puissance des compagnies des pays émergents. Le développement de nouvelles lignes directes, sans escale dans les grands HUBS, rendu possible par l'arrivée sur

le marché d'appareils plus faciles à rentabiliser comme les Boeing 787, a aussi permis de ralentir la saturation des aéroports.

Enfin, lorsqu'Airbus décide de lancer l'A380 vers la fin des années 1990, l'appareil de référence pour les lignes long-courriers est le Boeing 747 et c'est en partie pour concurrence le géant Américain que le constructeur européen met au point son très gros porteur. Cependant, le B-747 s'est déjà très bien implanté dans le marché des très gros porteurs donc la demande n'est pas aussi forte que si l'A380 était le premier appareil quadriréacteur, double pont à arriver sur le marché.

De surcroît, le constructeur américain Boeing a sorti en 1994 son B777-300 ER qui va progressivement s'imposer sur toutes les liaisons internationales, avec deux atouts de taille : deux réacteurs au lieu de quatre, pour une capacité à peine inférieure à celle d'un 747, et des soutes capables d'emporter plus de fret que celles d'un A380. En 2007 lors de la sortie de l'A380 le monde subit la crise financière comme nous l'avons évoqué précédemment et cette crise fera flamber le cours du pétrole ce qui favorisera l'expansion du Boeing 777 qui mettra d'abord fin à la production de l'A340 appareil quadriréacteurs développé par Airbus avant l'A380 qui a besoin de plus de deux fois plus de pétrole pour voler contrairement à l'appareil de Boeing. Et il en va de même pour l'A380, malgré l'écart de capacité, le Boeing 777 va vite s'avérer être un redoutable concurrent. La compagnie « major » Air France illustre parfaitement cette donnée puisqu'elle a fait du Boeing 777-300ER, son principal appareil sur le long-courrier. L'arrivée d'autres biréacteurs long-courriers, comme le 787 et l'A350, ont encore renforcé le sentiment que l'ère des quadriréacteurs touche à sa fin.

Ainsi, l'A380 est peut-être arrivé trop tard dans le monde de l'aérien et solutionnait en 2007 des problématiques qui se posaient sept ans plus tôt mais qui n'étaient plus nécessairement d'actualité. Peut-être que le constructeur européen Airbus aurait dû attendre avant de produire ses nouveaux appareils ou analyser à nouveau le marché et notamment la demande des compagnies avant de lancer la production de l'aéronef.

Le président d'Emirates, Tim Clark reconnaît le « *manque de chance* » d'Airbus avec son A380, arrivé sur le marché au mauvais moment (en 2007, et dans sa flotte l'année suivante quand la crise mondiale a débuté et que le prix du baril de pétrole est passé à 145 dollars). « *S'il était arrivé sur le marché en 2004, il aurait accumulé beaucoup plus de commandes* », affirme le dirigeant. Qui pense toutefois que le constructeur européen « *va regretter sa décision d'arrêter le programme* » parce que la situation économique s'améliore, que le trafic mondial ajoute « *160 millions de passagers par an* », que le manque de capacité fera automatiquement grimper les prix « *significativement* » et que l'A380 pouvait embarquer plus de 500 personnes « *alors que le Boeing 777-9 n'en accueillera que 380* ».

Enfin, l'A380 n'existe que parce qu'il est financé par des industriels et des Etats qui sont nombreux et qui demandent un juste retour du travail qu'ils emploient sur son investissement c'est pourquoi les pièces sont construites partout en Europe, en Allemagne, en Espagne, au Pays de Galle et en France puis ces pièces sont acheminées par bateau, par avion-cargo, par barges et par camions jusqu'à Toulouse, lieu d'assemblage final de l'appareil ce qui le rend extrêmement polluant dès sa conception, avant même qu'il n'ait commencé à voler.

Concernant le Boeing 747, l'histoire est toute autre. En effet, cet appareil a vu le jour dans les années 1970, c'était le premier avion constitué d'une deuxième cabine passagers. Il a été mis en service en janvier 1970 par la compagnie aérienne Pan Am et le succès est immédiat puisqu'en six mois, la Pan Am aura transporté un million de passagers. Au total, après un demi-siècle de service, le 747 aura transporté quelques 6 milliards de passagers et a été vendu à plus de 1500 exemplaires aux plus grandes compagnies aériennes. Il est qualifié comme ayant été un gros succès commercial.

Lors de son déploiement, le B747 présentait plusieurs avantages grâce à ses quatre réacteurs. Quels sont les avantages d'avoir plus de deux moteurs ? Tout d'abord, c'est un gain en puissance par rapport à un appareil bimoteur ce qui représente un véritable atout, notamment lors du décollage puisque l'appareil double sa puissance afin d'accélérer plus rapidement et faciliter le décollage.

Ensuite, disposer/voler dans un avion quadrimoteurs était une véritable valeur ajoutée en termes de sécurité puisqu'en cas de panne de l'un des moteurs, l'avion peut continuer sa route avec au moins deux moteurs. Sur un biréacteur, la panne d'un des moteurs entraîne immédiatement une procédure d'atterrissage d'urgence sur l'aéroport le plus proche.

Enfin, faire voler un appareil quadrimoteur permettait d'éviter les restrictions liées aux règles Extended-range Twin-engine Operation Performance Standards ETOPS de l'OACI. Le formulaire ETOPS est un Règlement de l'OACI permettant aux avions commerciaux équipés de deux moteurs d'utiliser des routes aériennes comportant des secteurs à plus d'une heure d'un aéroport de secours, dont notamment les parcours océaniques.

En fonction d'une certification théorique puis de la fiabilité constatée des appareils et de leurs moteurs, un certificat ETOPS-90, ETOPS-120, ETOPS-180 est délivré. Cette dernière certification permet l'exploitation d'un avion sur 90 % des destinations au prix, parfois, d'une route plus longue qu'avec un quadrimoteur. Le principe de ces normes est de s'assurer que ces avions soient capables de rejoindre un aéroport dans un temps imparti en cas de panne de l'un des moteurs. Concrètement un avion certifié ETOPS-180 doit pouvoir rejoindre avec un moteur en moins un aéroport de déroutement en moins de 180 minutes (3 heures). Cette certification permet aux biréacteurs, essentiellement les Airbus A300, A310, A320, A330, A350 ainsi que les Boeing B737, B757, B767, B777, B787 de faire des vols long-courriers au-dessus de zones inhabitées (océans, déserts, pôles) à plus de 60 minutes d'un aéroport de déroutement (en cas de détresse) ce qui permet d'éviter de modifier le plan de vol des appareils et ainsi rallonger le parcours de vol pour rester à 1 heure d'un aéroport (**voir annexe 4**). La certification ETOPS pourrait être prochainement remplacée par une nouvelle baptisée LROPS, pour *Long Range Operational Performance Standards*, qui prend en compte tous les types d'avions et non plus seulement les bimoteurs ce qui ne soulage plus les compagnies du formulaire ETOPS de faire voler des quadriréacteurs.

De plus, sur un aéronef, les moteurs représentent environ la moitié de la valeur et n'en avoir que deux permet de réduire les coûts de production et d'acquisition. De plus, les performances et la fiabilité accrue des moteurs récents diminuent l'intérêt d'avoir deux moteurs supplémentaires. La consommation est moindre également. C'est encore un argument de poids pour les compagnies aériennes. Voler avec deux moteurs est donc également plus écologique, ce qui a également beaucoup d'importance aujourd'hui.

Ensuite, tout comme l'Airbus A380, le Boeing 747 a été impacté par la crise financière de 2007-2008. Née aux États-Unis, c'est là-bas que la crise a sévi en premier et on peut constater que plus aucune compagnie aérienne américaine ne dispose de B747 dans sa flotte depuis 2017. De ce fait, les compagnies aériennes américaines ont préféré se tourner vers des appareils de taille plus modeste et bimoteurs comme le B787 ou l'A350. Ces aéronefs étant moins gourmands en kérosène et en opérations de maintenance que les quadriréacteurs, ils sont plus faciles à rentabiliser. Surtout que le marché de l'aérien actuel ne permet plus aux compagnies de remplir leur appareil aussi facilement qu'avant en raison de la multiplication des liaisons directes c'est-à-dire sans passer par un HUB. Cet appareil étant plus lourd et disposant de quatre réacteurs, il demande aussi plus de carburant pour voler ce qui augmente le coût des vols et également son empreinte carbone au moment même où les compagnies aériennes s'efforcent de limiter leur impact environnemental.

De ce fait, plusieurs compagnies aériennes ont annoncé le retrait du Boeing 747 de leur flotte tout comme la compagnie « major » British Airways ou encore Lufthansa qui annonçaient en avril 2021 le retrait de leurs Boeing 747-400 et Airbus A340-600, et A380 de leur flotte. Ce retrait a été précipité par « *l'impact environnemental et les désavantages économiques de ce type d'appareil* », a estimé le groupe. Il en va de même pour la compagnie Qantas qui a accéléré le retrait de ses 747 annoncé en 2020 et a effectué un vol d'adieu avec les trois derniers 747 et la compagnie Australienne a également affirmé qu'elle allait également retirer de sa flotte les A380. Et c'est en décembre 2017, que la compagnie américaine Delta Air Lines, dernière compagnie exploitant le 747 a retiré l'appareil de sa flotte de transport de passagers. La compagnie Corsair avait, elle aussi, décidé de retirer de sa flotte ses derniers jumbos américains. La compagnie a envoyé un de ses trois Boeing 747-400 au

Royaume-Uni où il sera démantelé. Les deux autres ont été sortis du service actif le 15 juin 2021.

Enfin, l'un des principaux facteurs accélérateur de la sortie des quadrimoteurs de la flotte des plus grandes compagnies est un élément récent, ayant impacté le monde aérien international et le monde en général et il convient de se pencher dès à présent sur la crise sanitaire de la Covid-19 originaire de Chine et qui sévit partout dans le monde depuis février 2020. « *Le coronavirus est un accélérateur* », d'après Rémy Bonnery, expert aéronautique au cabinet Archery Consulting, selon l'expert, que ce soit le 747 de Boeing ou l'A380 d'Airbus, ces avions « *sont beaucoup plus difficiles à gérer au sein d'une flotte (...) Ce ne sont pas les avions les plus faciles à remplir, ils ont un niveau de consommation supérieur. Déjà avant la crise, on a connu un mouvement qui allait vers des avions plus petits et plus flexibles, aux coûts moins élevés et capables d'effectuer des trajets très différents, encourageant les compagnies à prévoir des retraits anticipés* ». Ainsi la crise sanitaire actuelle n'arrange pas la situation des très gros porteurs civils.

L'A380 offre le meilleur coût par siège du marché à condition d'être rempli à 100%, affirmait récemment à l'AFP Sébastien Maire, expert aéronautique au cabinet Kea & Partners. Ce qui était loin d'être évident sur de nombreuses liaisons. « *Il est évident que dans les prochaines années on ne va pas aller vers des avions très gros porteurs* », souligne Rémy Bonnery, ajoutant que « *le travail des avionneurs va surtout se focaliser sur les courts courriers et monocouloirs capables de faire du long courrier* ». La crise du Covid-19 accélère donc le mouvement de sortie des flottes des très gros porteurs et cette accélération est même visible depuis l'espace grâce aux nano-satellites (**voir annexe 5**).

Selon Boeing il faut privilégier les moyens porteurs qui permettent de voler de « point à point » en évitant les HUB. Les passagers privilégieront ce

type d'avions. Un avion plus petit peut se rendre partout contrairement aux très gros porteurs ce qui permet ainsi de réduire le temps de trajet des passagers qui lorsqu'ils sont arrivés sur un HUB doivent soit reprendre un vol dans un avion plus petit pour arriver à destination ou effectuer un trajet plus ou moins long dans un autre moyen de transport ce qui est susceptible de ne pas les satisfaire et ils pourraient de ce fait privilégier un autre moyen de transport point à point tel que le train qui serait finalement plus rapide.

Mais la crise du transport aérien est profonde. Il faudra plusieurs années pour que le trafic aérien se relève du choc sanitaire créé par la crise du Covid-19. Et peut-être davantage pour les vols long-courriers qui sont les plus touchés par la baisse du trafic. De nombreux pays sont encore fermés aux voyages, tels que les États-Unis, ou autorisent très peu de vols à l'instar de la Chine. Air France a d'ailleurs demandé ce matin au gouvernement français d'autoriser une seconde liaison hebdomadaire entre la France et la Chine.

Certains analystes prédisent même le déclin des avions gros porteurs, avec l'entrée en service de nouveaux avions monocouloirs moyen-courriers, comme l'A321XLR et le 737 Max, capables d'effectuer des liaisons transatlantiques à moindre coût et sans devoir passer par les HUBS. Sans oublier le progrès technique avec l'A350 et le Dreamliner, moins gourmands en carburant et qui couvrent de longues distances.

Chapitre II. L'émergence de nouveaux appareils plus attractifs

Comme nous l'avons vu précédemment, l'actualité est à l'émergence des appareils plus petits que les quadrimoteurs mais plus performants : les avions bimoteurs.

Depuis toujours, les constructeurs aéronautiques Airbus et Boeing se font concurrence et chacun essaye de concurrencer les appareils de son rival. C'est pourquoi Airbus avait mis en service son avion quadrimoteur l'A380 afin de concurrencer le B747, appareil quadriréacteurs développé par Boeing dans les années 1960. *« Les ingénieurs ont dit à l'époque qu'Airbus avait la folie des grandeurs parce qu'on voulait attaquer celui qui était le seul sur le marché, le Boeing 747 »*, raconte Gérard Feldzer, spécialiste de l'aéronautique. Cependant, le constructeur américain ne s'est pas arrêté là et en a profité pour développer le Boeing 777 appelé couramment « Boeing Triple 7 », appareil bimoteur avec des capacités incroyables dont la nouvelle version se rapproche considérablement de l'A380 avec des ailes repliables. L'objectif de Boeing était de concurrencer l'A380 avec un appareil légèrement plus petit puisqu'il n'aura que deux réacteurs mais surtout un appareil plus rentable. S'il peut contenir moins de passagers, l'appareil est aussi beaucoup plus maniable. Doté de seulement deux réacteurs, contre quatre pour l'A380, l'avion américain peut atterrir dans beaucoup plus d'aéroports. Il est aussi beaucoup moins gourmand en carburant que l'Airbus : *« Rendez-vous compte, sur un vol Londres-Singapour, un A380 consomme 144 tonnes de kérosène, soit 25 tonnes de plus qu'un Boeing »*, explique un cadre de chez Boeing.

À l'époque de l'élaboration du programme, miser sur un avion long-courrier à quatre réacteurs permettait de garantir une autonomie plus sûre,

rendant ce type d'appareil capable de faire face à une panne de réacteur au-dessus des océans. Mais aujourd'hui, les règles techniques ont évolué avec les avancées technologiques et les avions à deux réacteurs, comme le 777 de Boeing, sont jugés tout aussi sûrs. De plus, le formulaire ETOPS dont étaient exonérés les appareils quadriréacteurs leur a été élargi, il ne concerne plus uniquement les avions biréacteurs, donc l'avantage que pouvait procurer un quadriréacteur concernant les formalités précédant leur mise en service ne sont plus d'actualité.

Ainsi, Boeing a annoncé en janvier 2019 avoir dépassé le cap des 2000 commandes pour sa famille des Boeing 777, qui devient la mieux vendue de l'histoire des avions long-courriers.

Premier avion de cette catégorie à franchir cette étape, le Triple 7 conforte ainsi selon Boeing « *son statut de gros porteur le plus vendu de toute l'histoire de l'aviation* ». Le Triple 7 « *continue de séduire les passagers du monde entier tout en générant une croissance rentable pour nos clients, ce qui se traduit par une forte demande en faveur de cet appareil* », a déclaré Ihssane Mounir, vice-président senior des ventes et du marketing de Boeing. « *La longévité de l'actuel 777 assure une excellente transition vers le nouveau 777X, un modèle qui augmentera encore les performances, l'efficacité économique et la distance franchissable du Triple 7. Le 777 dispose de solides arguments pour tirer parti de sa position de leader sur le marché des avions long-courrier et accompagner le développement des connexions aériennes à travers le monde* » estime Ihssane Mounir. Ainsi, l'appareil biréacteurs de Boeing a tous les atouts pour concurrencer ses prédécesseurs quadriréacteurs et convaincre les compagnies aériennes d'opter pour un avion plus petit mais tout aussi performant puisqu'ils offrent les mêmes prestations qu'un appareil quadrimoteur en matière de vol mais étant plus petits et ayant deux réacteurs leur prix catalogue est moins élevé que pour les quadriréacteurs. De plus, un appareil disposant de deux réacteurs aura besoin de moins de carburant pour

voler ce qui réduit ses coûts d'utilisation et également son empreinte environnementale et ce n'est pas négligeable en 2021 nous le verrons plus tard.

Enfin, il est plus facile pour les compagnies de rentabiliser leur investissement lorsqu'elles optent pour un avion bimoteur tel que le B777 ou les autres que nous étudierons par la suite car ces avions étant plus petits ils disposent de moins de sièges et sont donc plus facile à remplir. Il est plus aisé pour une compagnie aérienne d'atteindre un taux de remplissage à 100% pour un appareil disposant de 400-500 sièges que pour un appareil qui dispose de 800 sièges. Les bimoteurs sont alors plus rentables et c'est pourquoi la compagnie « major » britannique British Airways a annoncé remplacer ses Boeing 747 par des Boeing 777-9 qui sont entrés en service en 2020.

Pour rappel, le potentiel du marché du renouvellement des flottes de B747 était l'un des arguments d'Airbus il y a 20 ans pour justifier le lancement de l'A380. Or celui-ci lui a échappé, les compagnies préférant le B777-300ER, certes plus petit, mais beaucoup plus performant sur le plan économique grâce, notamment, à l'utilisation de deux moteurs, contre quatre pour l'A380 ou le B747.

C'est pourquoi, en renonçant à l'A380, Airbus espère se concentrer sur d'autres modèles, comme l'A350, un nouveau gros porteur mais qui ne compte que deux réacteurs. *« L'arrêt de l'A380 a fait que la cote en bourse du groupe Airbus remonte. Donc, ça prouve aussi que l'on mise sur les nouvelles technologies, comme l'A350 qui lui peut tuer le Boeing 777 »*, explique Gérard Feldzer ingénieur et pilote de ligne français. L'A380 a aussi permis à Airbus de faire un bon technologique face à son concurrent américain puisque le constructeur européen a bénéficié des technologies de carbone développées lors de la

conception l'A380 afin de concevoir ses futurs avions. Alors, on peut dire que sans l'A380, il n'y aurait pas eu l'A350 et ses matériaux composites.

Ce modèle biréacteur qu'est l'A350 représente l'avenir d'Airbus, d'autant plus qu'Emirates a remplacé sa commande d'A380 par l'achat de trente A350 et quarante A330neo, un nouveau long-courrier plus économique en carburant. Si la compagnie du Golfe a décidé de modifier sa commande d'A380 en une commande d'A350 ce n'est pas pour rien. En effet, il existe plusieurs versions de l'Airbus A350 et l'une d'entre elles, l'Airbus A350-900 ULR (*Ultra Long Range*) a réalisé le 11 octobre 2018 le plus long vol commercial de l'histoire. Plus de 15000 km entre Singapour et New York et près de 18 heures en direct, sans escale. Cette prouesse technologique a été réalisée avec un avion bimoteur. L'A350-900 ULR serait même capable de frôler les 18000 km d'autonomie, soit suffisamment pour effectuer un Paris - Sydney en vol direct, c'est plus que ce qu'est capable de réaliser l'A380 en vol direct avec 2 réacteurs supplémentaires.

Jusqu'au milieu des années 90, les avions avec les plus grandes autonomies étaient systématiquement équipés d'au moins trois ou quatre moteurs, comme le Boeing 747 ou les Airbus A340 et A380. Même constat dans l'aviation d'affaires où Dassault Aviation bat des records d'autonomie avec son triréacteur Falcon 50 à la fin des années 70. Mais cette ère est révolue et les appareils disposant de deux moteurs sont actuellement capables d'effectuer les mêmes prouesses grâce au progrès technique.

L'A350 est considéré comme étant l'avion qui permettrait à Air France de faire des économies puisqu'il pèse 40 tonnes de moins que ses deux principaux concurrents : les Boeing 777 et 787. Il émet 25% de CO2 de moins et il consomme moins de carburant. *« Il a un niveau de bruit très réduit avec des moteurs qui consomment 25% de moins que les avions des générations précédentes »,*

explique Philippe Durand, responsable chez Air France de la livraison de l'A350. Ainsi, l'A350 poursuit son essor au sein des compagnies aériennes mondiales et semble bien mieux implanté au sein des flottes que l'A380. Par exemple, la compagnie aérienne Qatar Airways dispose de 42 A350 au sein de sa flotte et estime que : « *Depuis leur mise en service, les appareils de la famille A350 ont fait preuve d'une régularité technique et d'une efficacité remarquable* ».

Il en va de même pour la compagnie aérienne French Bee dont la flotte est composée à 100% d'A350. Selon la compagnie : « *L'A350, étant l'un des appareils les plus économes en carburant il est particulièrement intéressant. Plus de 70% de l'A350, est réalisé à partir de matériaux avancés combinant du titane, des alliages d'aluminium de nouvelle génération et des composites à base de fibre de carbone (53%), un matériau plus léger, plus résistant et plus rigide. Les moteurs permettent de réaliser une économie conséquente de carburant et une réduction de 25% des émissions de CO². L'A350 dispose d'ailes qui changent de forme tout au long du vol, comme celles d'un oiseau et de "winglets" (extrémité externe de l'aile) révolutionnaires permettant d'optimiser l'aérodynamique de l'avion. Grâce à toutes ces innovations, l'A350 XWB réduit considérablement son empreinte carbone* ». On comprend ainsi aisément qu'un avion plus récent, moins gros et disposant de deux réacteurs en moins qu'un A380 ou un Boeing 747 est bien plus intéressant et rentable pour les compagnies aériennes de nos jours.

Il en va de même pour l'A321 XLR (*extra long range*) qui est en plein essor. Cet aéronef est capable d'assurer des vols de dix heures avec jusqu'à 244 passagers à bord, et permet d'exploiter avec un monocouloir des liaisons qui jusqu'ici ne pouvaient l'être que par des gros porteurs long-courriers ce qui lui permet de « *bénéficier d'une très forte demande sur le marché* », selon le directeur commercial d'Airbus, Christian Scherer. L'Airbus A321XLR, il affiche un rayon d'action de **8700 km**, soit 30% de plus que l'actuel A321neo,

et peut ainsi effectuer des vols de plus de 10 heures notamment pour relier l'Europe à l'Amérique du Nord ou du Sud (ex : Rome – New York) ou l'Europe à l'Asie (ex : Londres – Delhi).

Avant l'arrivée de la crise sanitaire de 2020 liée à la pandémie de Covid-19, l'A321 XLR permettait pour les compagnies d'envisager de développer de manière rentable des lignes long-courriers à faible flux de trafic et de d'expérimenter de nouvelles destinations. Et la pandémie a amplifié le futur besoin de lignes « point à point » dans un marché qui mettra des années à se remettre. Car l'effondrement du trafic aérien mondial a mis à bas -au moins pour un temps- le système de correspondances via les HUBS aéroportuaires. *"Il correspond très bien aux besoins du marché, c'était le cas avant la pandémie mais nous pensons que ce sera encore plus le cas après"*, résume le patron d'Airbus, Guillaume Faury.

"Il coûte beaucoup moins cher à acheter, à entretenir" et à exploiter qu'un gros-porteur, abonde Jérôme Bouchard, spécialiste du secteur aéronautique au cabinet de conseil Oliver Wyman.

Le constructeur européen a également annoncé qu'une nouvelle chaîne d'assemblage d'A320 et A321 serait mise en place sur son site de Toulouse pour remplacer la ligne d'assemblage de l'A380 qui produira notamment l'A321 XLR et l'A330 néo.

Si Airbus lance cette chaîne de production en même temps qu'il développe une nouvelle gamme de long-courriers A350 c'est tout simplement parce qu'il y a une énorme demande des compagnies d'après John Leahy, le directeur commercial du constructeur.

TITRE II : Des appareils nécessaires au trafic aérien

Malgré l'abandon des quadriréacteurs par certaines compagnies, ils restent présents dans le ciel international et continueront encore à voler car pour certaines compagnies ils sont essentiels au sein de leur flotte comme la compagnie Emirates dont la flotte est composée de 50% d'A380, (**Chapitre 1**) et surtout ils apportent des solutions à certaines problématiques actuelles comme la congestion des infrastructures aéroportuaires due à l'augmentation du trafic (**Chapitre 2**).

Chapitre I. De belles années de vols à venir malgré tout

Pour certaines compagnies aériennes, les appareils quadriréacteurs représentent une part très importante de leur flotte. C'est le cas notamment de la compagnie du Golfe Emirates dont l'A380 ne représente pas moins de 50% de la flotte totale. D'ailleurs le président de la compagnie Tim Clark n'hésite pas à affirmer que les opérateurs de l'Airbus A380 « *ne savent pas l'utiliser et le constructeur va regretter sa décision* » et particulièrement Air France.

Lors d'un entretien exclusif accordé à Airlineratings au sujet de l'appareil, le président n'a pas hésité à critiquer la manière dont les compagnies concurrentes ont géré l'appareil. Dans le cas d'Air France, l'erreur était selon le président d'Emirates de n'en avoir pas commandé assez, il affirme que « *si vous avez une sous-flotte de 10 appareils, c'est un sacré cauchemar et les coûts sont exorbitants* », et sa décision d'avoir une flotte d'A380 très importante est donc « *la bonne* ». Il en va de même pour la compagnie britannique British Airways qui toujours selon Tim Clark « *aurait dû en*

commander une centaine » en raison de la congestion de l'aéroport de Londres-Heathrow où les six vols quotidiens d'Emirates « *sont toujours pleins et le seraient dans des A380-900 plus grands mais jamais lancés* ».

Tim Clark dit comprendre la décision des autres opérateurs de ne pas reprendre d'A380, la « *mentalité de l'industrie* » étant aujourd'hui d'acquérir des avions plus économes et surtout moins chers. Mais il souligne aussi que sur l'axe Dubaï – Los Angeles, le coût en carburant par siège restera « *plus faible sur un vol en A380 de 515 places que sur deux vols en B787-9 qui auraient entre 30 et 240 sièges dans notre configuration* ». Au vu de ce qu'il se passe à Dubaï et dans le monde, il y a « *encore une place* » sur le marché pour l'A380, et « *pas besoin de réfléchir, les A330neo et A350 sont les prochaines étapes pour alimenter* » en passagers les A380.

Ainsi, l'A380 a tenu une place très importante dans la stratégie d'Emirates pendant 20 ans. Mais, il ne faut pas oublier que l'appareil a aussi fait passer Emirates à côté de certaines opportunités notamment la desserte des villes secondaires, une option à laquelle Emirates a souvent dû renoncer, avec une flotte de long-courriers à grande capacité qui ne peut aller que de HUBS en HUBS et non pas effectuer des vols dits « point à point ».

Tim Clark reconnaît tout de même qu'Emirates a de plus en plus de difficultés à trouver de nouvelles routes rentables dans une conjoncture économique mondiale qui s'affaiblit. L'aéroport de Dubaï a par exemple enregistré sa plus faible croissance sur plus d'une décennie en 2018, à 1% pour 89,1 millions de passagers.

D'où la nouvelle stratégie d'acheter désormais des avions de plus petites capacités qui vont affecter la vision du méga-HUB de Dubaï. Les A380 vont ainsi être remplacés peu à peu par des Airbus A330neo, A350 – 70 de ces

appareils viennent d'être commandés – ainsi que de nouvelles versions du Boeing 777. « *Nous avons pris le temps de faire le point sur ce à quoi ressemblera notre réseau dans cinq à dix ans, sur notre flotte et le type d'avions* », a expliqué Tim Clark. Ce pendant l'A380 ne devrait pas quitter la flotte de la compagnie du Golfe avant plusieurs années, en effet même si la compagnie songe à commander d'autres types avions, les quadriréacteurs resteront en service au moins jusqu'à l'arrivée de ces nouveaux appareils.

De plus, les appareils biréacteurs permettent certes d'effectuer certaines économies de carburant, mais ils transporteront moins de passagers par vol, ce qui complique le modèle d'exploitation d'Emirates, qui s'articule autour de vagues de départs très rapprochés les uns des autres afin de maximiser les possibilités de transfert entre les vols. De plus, certaines lignes importantes pourraient à terme perdre des capacités aériennes en sièges. Car il est de plus en plus difficile d'obtenir des créneaux horaires appelés « slots » pour des vols supplémentaires sur de nombreux HUBS tels que Londres Heathrow, Milan Malpensa ou Francfort. Ainsi, l'A380 a bien son utilité sur ce type de marcher et n'est pas près de le quitter.

Ensuite, la compagnie étudie actuellement de nouvelles façons d'exploiter au mieux ses appareils et les rendre les plus rentables possibles et pour cela, la compagnie offre par exemple des vols Dubaï-New York en A380 via Milan Malpensa ainsi que des vols sur Dubaï-Bangkok-Hong Kong et Dubaï-Bangkok-Sydney en Airbus A380. On peut donc constater qu'Emirates démultiplie les destinations desservies par un appareil lors d'un vol afin d'embarquer un maximum de passagers et donc rentabiliser la route aérienne. Selon Tim Clark, il existe également des opportunités sur l'axe transatlantique mais la compagnie devra certainement faire face à la résilience, voir l'hostilité des transporteurs américains.

Le Président de la compagnie du Golfe espère en parlant de l'A380 qu'« *Avec un peu de chance, nous les verrons voler pendant au moins dix ans encore. Nous continuerons aussi longtemps que nous le pourrons* » et la compagnie peut compter sur le constructeur européen qui affirme que malgré l'arrêt de la production, le service après-vente et la maintenance des appareils sera toujours réalisée.

Il en va de même pour British Airways, la compagnie britannique présidée par Sean Doyle ne compte pas de séparer de ses A380. Le président a expliqué qu'il était indispensable pour la compagnie de se séparer de ses Boeing 747 afin de moderniser sa flotte mais affirme que « *l'A380 est dans les plans et a toute sa place dans le réseau* ». Il est en effet extrêmement utile pour les liaisons vers l'Asie ou l'Est des Etats-Unis au départ de Londres. Mais surtout, il permet à la compagnie d'optimiser l'utilisation des slots afin de désengorger les aéroports du pays notamment celui de Londres Heathrow sur lequel cela devenait difficile à gérer et solutionner. L'A380 « *marche bien* » vers des destinations telles que Hong Kong et Johannesburg « *mais aussi à Boston, Miami et Chicago, il a de multiples emplois* », a ajouté le dirigeant de la compagnie nationale britannique.

C'est le cas également de la compagnie Australienne Qantas, dont le CEO Alan Joyce a de nouveau exprimé son souhait de faire voler de nouveau six des douze exemplaires aujourd'hui immobilisés en Californie d'ici 2023. « *Si la demande revient plus tôt, nous pouvons réactiver les A380 d'ici trois à six mois* », a précisé le dirigeant. Et afin de préparer cette reprise, le dirigeant affirme que « *les gars sur A380 suivent une formation continue pour le moment, et il existe un programme de soutien gouvernemental qui est là pour conserver ces compétences* ».

Mais cette reprise des vols n'est pas sans conséquences puisque la compagnie prévoit de supprimer de nouveau une centaine de posts alors que 8500 l'ont déjà été depuis le début de la pandémie. Faire voler ses quadrimoteurs aurait un prix pour la compagnie aérienne Australienne...

Les appareils quadriréacteurs sont toujours d'actualité également auprès de la compagnie China Southern Airlines, l'un des rares opérateurs avec Emirates Airlines et Korean Air à avoir remis en service ses A380 depuis le début de la crise sanitaire. Concernant Korean Air, l'un des appareils composant sa flotte se pose régulièrement à Guangzhou et pour China Southern Airlines, ses cinq appareils quadriréacteurs volent vers Paris et Amsterdam en Europe, Melbourne en Australie, Los Angeles en Amérique du Nord et Tokyo en Asie.

De plus, l'A380 est un appareil qui dispose d'une durée de vie d'environ 25 ans donc pendant 25 ans il y en aura encore dans le ciel étant donné que le tout dernier avion sera livré à Emirates en 2022 et le monde de l'aérien peut se réjouir à l'idée de savoir que ces avions ne quitteront pas le ciel international de sitôt car leur arrêt définitif aurait des conséquences non négligeables pour les aéroports.

Chapitre II. Des conséquences sur le trafic dans les aéroports

La congestion des infrastructures de transport aérien est un phénomène qui date d'une vingtaine d'années. En effet, celle-ci était déjà présentée par la commission européenne dans son livre blanc sur les transports en 2001 comme étant un frein à la croissance dans l'union européenne du transport aérien. Et c'est en partie cette congestion qui est à

l'origine du développement des très gros porteurs quadriréacteurs puisque ces appareils permettaient de transporter deux fois plus de passagers qu'un biréacteur pour une même destination et donc d'utiliser un « slot » (créneau) au lieu de deux dans les aéroports concernés. Ce qui permettait d'attribuer les « slots » restants à d'autres lignes aériennes.

Le créneau horaire ou « slot » est défini au niveau européen par un texte le règlement CE N°973/2004 du Parlement Européen,³ qui définit en même temps les règles d'attribution. D'après ce texte un créneau est une autorisation d'utiliser les infrastructures aéroportuaires d'un aéroport coordonné à une date et à une heure précise aux fins de l'atterrissage et du décollage, selon l'attribution faite par le coordonnateur⁴.

Les infrastructures de transport en Europe connaissent pour une bonne partie d'entre elles des problèmes de congestion. Cela tient à la fois à une insuffisance de la capacité des aéroports, au regard des fortes augmentations du trafic des dernières décennies, mais également au fait que la demande de transport est assujettie à de fortes variations sur l'année, le mois, la semaine, la journée.

En effet, la demande est plus importante en été qu'en hiver avec les départs en vacances, pour les semaines on retrouve des pics d'activité entre le vendredi et le lundi pour des départs/retours de week-end ou pour des déplacements professionnels. Et ces pics d'activité sont également constatés sur une journée notamment le matin et le soir. Ainsi, c'est à ces périodes que

³ Règlement (CE) N°793/2004 du parlement Européen et du conseil du 21 avril 2004 modifiant le règlement (CEE) N°95/93 du conseil fixant les règles communes en ce qui concerne l'attribution des créneaux horaires dans les aéroports de la communauté. JOCE n° L138/50 du 30 Avril 2004.

⁴ On appelle créneau horaire « l'autorisation accordée par un coordonnateur conformément au présent règlement d'utiliser toutes les infrastructures aéroportuaires qui sont nécessaire pour la prestation d'un service aérien dans un aéroport coordonné, à une date et à une heure précise, aux fins de l'atterrissage et du décollage, selon l'attribution faite par un coordonnateur conformément au présent règlement. » (Règlement (CE) N°793/2004)

les infrastructures aéroportuaires font face à un afflux d'appareils et de passagers qu'il leur est difficile de gérer.

Alors on pourrait penser que pour faire face à ces pics de fréquentation il suffirait d'investir dans les infrastructures existantes afin de les adapter à la demande mais aujourd'hui ces investissements aéroportuaires sont difficiles, non pas tant par manque d'argent qu'à cause de difficultés diverses. Effectivement, pour les aéroports existants, les difficultés d'extension à cause de l'urbanisation alentour sont réelles. Concernant les nouveaux aéroports, arbitrage difficile entre disponibilité des terrains et distance des centres-villes. Enfin que ce soient les aéroports existants ou les futurs aéroports en projet ou en construction, l'une des principales difficultés réside dans les nuisances sonores générées par le trafic aérien qui sont de moins en moins acceptées par les riverains ou futurs riverains.

L'une des solutions qui pourrait être apportée, en complément à d'autres solutions, afin de pouvoir développer/agrandir ces infrastructures, serait de loger les employés et les acteurs du transport aérien en périphérie de celles-ci. En effet, ces riverains seraient moins opposés à leur développement et toléreraient mieux cette expansion.

Si les aéroports emploient ces riverains, emploient leurs enfants, les nuisances émises par le trafic seraient plus facilement tolérées puisqu'elles sont issues de secteur qui leur permet de vivre, de faire évoluer leur progéniture. Même si elles augmentent légèrement après agrandissement puisqu'il y aura plus de trafic.

Cependant cette solution est difficile à appliquer. Il est très compliqué de réserver une partie du territoire à une seule catégorie de personnes et encore plus d'obliger les employés à vivre à proximité immédiate de leur lieu de travail et d'être soumis à ses désagréments à longueur de temps.

Les principaux aéroports des pays développés sont saturés, c'est à dire que la demande des compagnies souhaitant utiliser ces aéroports est supérieure à l'offre de ceux-ci en termes de capacité d'accueil. Et c'est pourquoi les quadriréacteurs lors de leur conception étaient vu comme une solution à cette saturation des infrastructures aéroportuaires puisqu'ils permettaient en théorie de transporter plus de passagers lors d'une seule liaison plutôt que d'employer deux appareils plus petits et occuper deux « slots » et ce particulièrement en Europe plus que dans toute autre partie du monde.

Aujourd'hui, les compagnies aériennes assurent les liaisons long-courriers en ayant de moins en moins recours aux vols court-courriers qui ne sont pas soutenables pour un HUB saturé, en particulier dans la mesure où la réduction de la disponibilité des créneaux de décollage et d'atterrissage influence la valeur monétaire des créneaux existants. Afin de maximiser le rapport coût-efficacité des créneaux intéressants, les compagnies ont tendance à remplacer les vols les moins rentables par des vols long-courriers utilisant des avions de plus grande capacité et augmentent de ce fait le nombre de passagers. Une aubaine pour les appareils comme l'A380 puisqu'il est nécessaire pour les compagnies aériennes d'exploiter de plus gros avions tels que l'A380 dans ces aéroports. Face à ces contraintes résultant de la saturation de ces HUBS, les compagnies n'ont pas vraiment d'autre solution que celle d'augmenter la taille de leurs appareils.

Prenons l'exemple de l'aéroport de Londres-Heathrow, qui a déjà atteint son point de saturation et qui est utilisé par les compagnies aériennes comme HUB de transit. Il s'agit du deuxième principal aéroport pivot en

termes de vols d'A380 derrière l'aéroport de Dubaï puisqu'Emirates est le principal exploitant de ces appareils et devant l'aéroport de Francfort qui lui aussi fait partie des HUBS saturés. Ainsi, si les très gros appareils tels que l'A380 sont voués à disparaître la situation de ces aéroports ne fera qu'empirer. De surcroît, la congestion des liaisons long-courriers égalera voire dépassera la congestion des liaisons court-courriers actuelle.

En effet, cette solution d'avoir des appareils plus grands n'est pas suffisante car elle ne résout pas la congestion des liaisons court-courriers étant donné que ces appareils sont conçus pour des liaisons long-courriers et ne sont accueillis quasiment que dans des HUBS puisqu'eux seuls disposent des infrastructures nécessaires à leur accueil. Dans le cas d'Heathrow, en 2010 sur les liaisons court-courriers à l'intérieur de l'Union européenne l'aéroport n'avait que 46 liaisons court-courriers, contre 78 à Paris CDG, 67 à Amsterdam et 74 à Francfort. Ainsi, les quadriréacteurs ne résolvent qu'une partie du problème ce qui n'est pas suffisant compte tenu de l'investissement réalisé par les compagnies aériennes en vue de se procurer ces appareils.

De plus, comme nous l'avons évoqué dans une précédente partie, ces appareils notamment l'A380 étaient si grands qu'ils étaient rarement remplis à 100% de leur capacité. Ainsi, cela revenait au même que si la liaison était effectuée avec un appareil de plus petite taille mais rempli au maximum de sa capacité. Il n'était donc pas nécessaire d'allouer un second créneau pour cette liaison. Finalement l'une des raisons pour lesquelles les très gros porteurs quadriréacteurs ont été développés ne s'est pas révélée être prouvée.

Ensuite, d'autres solutions peuvent être développées par les compagnies aériennes et les aéroports afin de réduire cette congestion dans

les HUBS. Par exemple, pour l'aéroport de Roissy-Charles-de-Gaulle (CDG), certaines liaisons peuvent être déléguées à l'aéroport d'Orly. Pour l'aéroport de Londres Heathrow il ne va de même, des liaisons peuvent être déléguées à l'aéroport de Londres Gatwick.

Les solutions concernant l'agrandissement des infrastructures existantes doivent être presque abandonnées puisque par exemple pour l'aéroport de Londres-Heathrow, en 2018 le gouvernement Britannique avait donné son accord pour la construction d'une troisième piste afin de désengorger les deux déjà existantes mais la Cour d'Appel d'Angleterre a rejeté ce projet en 2020 le jugeant illégal, au motif que le gouvernement n'aurait pas pris en compte ses engagements climatiques dans l'accord de Paris de 2015 visant à contenir le réchauffement climatique⁵.

Cette décision pourrait enterrer le projet, à moins que la Cour suprême ne tranche en faveur de l'aéroport d'Heathrow, qui a immédiatement fait appel de la décision. Quoi qu'il en soit, cette décision pourrait entraîner d'autres recours juridiques contre des projets de construction ou d'agrandissement d'aéroports, tels que les agrandissements de Roissy ou de Nice en France par exemple.

Malgré le fait que les quadriréacteurs présentent certains avantages notamment pour les grands aéroports pivots tels que les HUBS, ils présentent malheureusement plus d'inconvénients puisqu'ils sont très difficiles à rentabiliser pour les compagnies aériennes et encore plus depuis la crise sanitaire du Covid-19 qui sévit partout dans le monde depuis février 2020. C'est pourquoi la plupart des compagnies aériennes « majors » à l'instar

⁵ C. DUCOURTIEUX, « *Au nom du climat, la justice britannique rejette le projet d'extension de l'aéroport d'Heathrow* », Le Monde, 27.02.2020.

d'Air France se séparent de leurs appareils. Il convient alors de se demander ce que deviennent ces appareils une fois qu'ils ont quitté la flotte des compagnies aériennes. C'est ce que nous allons étudier dans une seconde partie.

PARTIE 2 : Une fin nuancée par l'innovation, insuffisante au regard de la protection de l'environnement

Les prochaines années marqueront la fin des quadriréacteurs au sein des compagnies aériennes de transport de passagers. Comme nous l'avons vu dans une première partie, de plus en plus de compagnies se séparent de leurs appareils pour plusieurs raisons notamment à cause du fait qu'ils ont une faible rentabilité, que ce sont des appareils trop vieux, trop coûteux en maintenance et surtout trop polluants. Leur coup de grâce aura été asséné par la crise sanitaire du Covid-19 qui sévit depuis mars 2020 et qui a paralysé le trafic aérien en clouant au sol 70% des appareils en service. Il convient alors de se demander ce que deviennent ces appareils une fois qu'ils ont quitté la flotte des compagnies aériennes. Certains seront réemployés, ré-agencés ou démantelés (**Titre I**) mais malgré tout, même leur réutilisation a ses limites (**Titre II**).

TITRE I : Une possible réutilisation de ces gros porteurs

Presque tous les avions de ligne ont au moins deux vies. En effet, une fois l'achat amorti par le premier client qui a généralement bénéficié d'un avantage après négociations, l'appareil est revendu à une compagnie de second rang. Mais ce marché de l'occasion n'existe pas encore pour l'A380 et n'existe plus pour le Boeing 747 qui est jugé bien trop vieux. Ainsi, une fois

qu'un A380 a quitté la flotte de la première compagnie qui l'exploitait il n'est pas racheté par une compagnie de second rang. C'est pourquoi certains pourraient être réaménagés en avions cargo destinés au transport de fret aérien (**Chapitre1**) et d'autres malheureusement n'auront pas cette chance et seront démantelés afin d'être revendus (en pièces détachées) voir même transformés totalement (**Chapitre 2**).

Chapitre I. Une nouvelle vie en avions cargo

Le Boeing 747 étant jugé trop vieux, il semble plutôt complexe de transformer les appareils initialement prévus pour du transport de passagers en appareils pour le transport de fret. De plus, une version cargo existe déjà pour cet appareil : le B747-400 Large Cargo Freighter. Au total, Boeing a produit 694 exemplaires du Boeing 747⁶. Ces appareils étaient d'abord utilisés en avion de ligne et de nombreux 747 ont par la suite été convertis en avion-charter. Surnommé le « Dreamlifter », cet ancien avion commercial est idéal pour transporter et assurer des livraisons de charges supérieures à 100 tonnes sur des longues distances. Entrant dans la catégorie des Large-fret, il possède une autonomie de 13 heures, parfait pour les vols long-courriers. Les portes de chargement latérales et au nez de l'avion facilitent le chargement de marchandises et permettent de s'adapter à tous les besoins. Il serait alors logique que les appareils quittant actuellement la flotte des compagnies aériennes soient eux aussi transformés en avions cargos.

⁶ Aero Affaires, « *Affréter un avion-cargo* ».

En revanche, l'Airbus A380 lui n'a pas encore de version cargo alors on peut se demander si les appareils abandonnés par les compagnies aériennes ne pourraient pas être remodelés afin de transporter du fret aérien et ainsi leur donner une seconde vie. Surtout que l'appareil a souvent été critiqué pour son faible emport de fret.

Selon le site FreightWaves, après avoir interviewé le constructeur européen Airbus, le pont inférieur de l'appareil pourrait être dédié au fret tandis que le pont supérieur continuerait à accueillir des passagers. L'avionneur « *interrogerait les compagnies sur l'intérêt* » d'une telle conversion pour tirer avantage de l'explosion du e-commerce. Le porte-parole d'Airbus Bart Greer affirmait que : « *Nous cherchons toujours à faire progresser nos produits, en les maintenant à la pointe de la technologie. Nous sommes en dialogue constant avec nos clients sur les dernières technologies de pointe et les innovations en cours* », ajoutant qu'une conversion de passager à cargo de l'A380 est techniquement réalisable. « *Si nous constatons que l'intérêt des clients pour un A380 converti en cargo est suffisant, nous étudierons cette possibilité plus avant* ». Ainsi, cette conversion pourrait être envisageable mais il reste tout même quelques doutes sur l'attrait des compagnies « charter » pour ce type de projet car il est bon de rappeler qu'Airbus avait un temps envisagé de produire un A380F.

L'appareil était censé avoir une autonomie de 10 410 km et ses trois ponts lui auraient permis d'accueillir des conteneurs standards et des palettes. La compagnie Fedex avait commandé 10 A380-800F en 2002 mais a annulé sa commande en 2007 et a choisi d'acquérir 15 Boeing 777 notamment parce que le plafond du pont principal n'était pas assez haut pour certains containers. Il en va de même pour UPS qui avait commandé 10 avions A380F mais suite à des retards de production UPS a annulé cette commande estimant qu'Airbus ne pourrait pas respecter les délais.

De ce fait, en raison du très faible niveau des ventes et en raison des nombreuses annulations, Airbus a annoncé qu'il gelait le développement de l'A380-800F. Finalement ce développement ne reprendra pas puisqu'actuellement en 2021 aucune version fret de l'appareil n'est sortie.

Cependant, l'argument avancé par FedEx lors de son retrait sur la version fret de l'A380 selon lequel il n'était pas assez haut est à nuancer aujourd'hui car le e-commerce poursuit son expansion fulgurante et encore plus depuis la crise du Covid-19 et les paquets sont plus petits donc la version fret de l'A380 pourrait être destinée au transport de frets du au e-commerce.

De plus, durant la pandémie de Covid-19, le monde a assisté à un manque crucial de capacité cargo. Les commerces ayant été fermés, les achats en ligne ont été démultipliés et les capacités cargo existantes n'étaient pas suffisantes pour répondre à la demande grandissante.

C'est ce manque de capacité cargo qui a poussé par exemple la société de leasing portugaise Hi Fly à racheter un A380 ayant appartenu à la compagnie Singapour Airlines afin d'en supprimer les sièges passagers des classes économiques pour dégager plus de 300m³ de volumes destinés à l'emport de fret, ce qui correspond environ à 60 tonnes.

Ce premier avion remodelé a même déjà décroché ses premiers contrats d'affrètement, dont l'un d'Air Austral, pour desservir l'île de La Réunion. La compagnie de l'île va en effet affréter pour deux semaines, du 24 août au 9 septembre, le « superjumbo » de Hi Fly, pour assurer la desserte de Saint-Denis capitale de l'île française.

Mais c'est d'abord Thomas Cook Airlines qui a récemment réemployé l'A380, affrété en urgence par le voyageur pour ramener au Danemark des clients bloqués par une panne à Chypre. L'appareil a ensuite continué par un vol charter entre Oslo et Palma de Majorque. Et la compagnie aérienne low-cost Norwegian a également réservé l'A380 de Hi Fly pour opérer son vol du soir entre Londres-Gatwick et New York. Là encore, il s'agira pour Norwegian de remplacer « *pendant quelques semaines* » l'un de ses Boeing 787 cloué au sol pour des mesures d'inspection de ses moteurs.

Ces demandes des compagnies permettent ainsi à la société Hi Fly de commencer à rentabiliser son investissement et surtout elles permettent aux A380 abandonnés par les compagnies « majors » de continuer à voler à travers le monde.

Cependant, pour satisfaire ses ambitions et pouvoir prendre livraison d'un second A380, la société Hi Fly ne pourra pas se contenter de solutions de dépannage et de petits contrats de quelques semaines avec les compagnies lorsqu'elles en ont besoin. C'est pourquoi le PDG de l'entreprise, Paulo Mirpuri, essaie de convaincre au maximum des compagnies aériennes n'ayant pas les moyens de s'offrir un A380 neuf, d'en louer un d'occasion, sur une longue durée. Le loueur et l'avionneur européen Airbus espèrent ainsi élargir la base de clientèle et générer des débouchés pour la dizaine d'A380 qui arriveront sur le marché de l'occasion dans les cinq prochaines années, afin de leur éviter le triste sort des deux premiers A380 de Singapore Airlines, condamnés au démantèlement faute de repreneurs⁷.

⁷ B. TREVIDIC, « *Les deux premiers Airbus A380 seront vendus en pièces détachées* », Les Échos, 06.06.2018.

La compagnie charter Lufthansa Technik a elle aussi annoncé avoir signé un accord avec un client anonyme pour transformer temporairement un A380 en avion-cargo après avoir supervisé la transformation opérée par Hi Fly. Selon Henning Jochmann, directeur principal de la maintenance et des modifications sur aéronefs de Lufthansa Technik, *« les modifications iront bien au-delà de la seule dépose des sièges passagers. Car il convient de prendre en compte les charges supportées par le plancher des appareils ainsi que les considérations du plan de la sécurité liées à l'emport de fret au sein d'une cabine passagers »*.

Il en va de même pour la compagnie Emirates SkyCargo qui a présenté un Airbus A380 converti en avion de fret et l'a appelé « mini-cargo ». En effet, malgré la taille imposante de l'Airbus A380, sa soute même optimisée ne peut transporter que 50 tonnes de fret en vol contre 100 tonnes pour un Boeing 777F. Mais cela reste non négligeable en ces temps de pandémie puisque SkyCargo a utilisé pour la première fois son « mini-cargo » pour transporter des produits médicaux entre Séoul et Amsterdam via Dubaï. La compagnie a fait le choix d'optimiser uniquement la soute de l'appareil et de ne pas enlever les sièges passagers afin de récupérer du volume pour le transport de marchandises très certainement par soucis d'économies financières.

La solution de l'A380 en tant qu'appareil cargo serait peut-être alors d'en faire un appareil « hybride » c'est-à-dire qui combine transport de passagers et de fret. L'avion disposant de deux ponts, le pont supérieur pourrait être aménagé de telle sorte qu'il puisse transporter des passagers tout en gardant le confort et le luxe qui lui est reconnu et le pont inférieur quant à lui serait repensé de façon à transporter un maximum de fret.

Bien entendu, le développement d'un avion-cargo hybride avec des passagers sur le pont supérieur souligne également les limites de l'A380 en

tant qu'appareil cargo pur et la nécessité d'une double source de revenus pour que le dossier commercial fonctionne.

Un facteur qui pourrait jouer en faveur de l'A380 en tant que cargo combiné est que le passage massif au commerce électronique signifie que plus de boîtes légères sont expédiées aujourd'hui que jamais, les avions se remplissant souvent avant d'atteindre le poids maximal de la charge utile.

Malgré cela, on peut se poser la question de l'acquisition de ces appareils d'occasion par des sociétés émergent dans le transport de fret aérien tel que la CMA-CGM. En effet, acquérir des appareils d'occasion permet de faire des économies dès le développement de la compagnie dans son secteur et lui permettrait ainsi d'être rentable plus rapidement que si elle investissait dans des appareils neufs.

En effet, l'armateur CMA-CGM poursuit sa politique de diversification. Présent dans les domaines maritime et terrestre, le groupe dirigé par Rodolphe Saadé ajoute une corde à son arc et se lance dans le fret aérien. Le groupe implanté à Marseille, quatrième armateur mondial, a annoncé la mise en place d'une filiale dédiée au fret aérien appelée Air Cargo. Cette division chapeautée par Xavier Eiglier (ancien directeur général de l'ANL (Australian Container Line) permet à l'entreprise française de proposer désormais une offre globale couvrant tous les besoins en matière de transport. La compagnie charter depuis ses débuts emploie des avion-cargo de seconde main tel que les Airbus A330-200F rachetés à des compagnies cargo tel que Qatar Cargo.

CMA-CGM Air Cargo étant déjà habituée à réemployer des appareils de seconde main, pourquoi n'investit-elle pas dans des A380 modifiés afin

d'effectuer du transport de marchandises ? Ces appareils étant plus gros, ils pourraient permettre à la compagnie de transporter sur un même vol plus de fret qu'avec un A330 et étant de seconde main, ils seraient moins cher à l'achat ou à la location que des appareils neufs pouvant transporter le même volume de marchandise.

Ainsi, l'Airbus A380 pourrait connaître une nouvelle carrière inattendue à la faveur de sa conversion temporaire en version tout cargo en cette période de crise sanitaire. Cet appareil double pont présente pour avantage d'offrir un immense volume utile. C'était d'ailleurs l'un de ses arguments de vente lorsqu'Airbus avait spécifiquement développé une version cargo de son quadriréacteur géant.

Alors que de nombreux Airbus A380 rejoignent actuellement les centres de stockage d'avions de Châteauroux et Tarbes en France, Teruel en Espagne et Alice Springs en Australie, une nouvelle carrière semble se profiler pour le très gros porteur européen. Son immense volume interne (1 570 m³) en fait un candidat tout désigné pour une conversion cargo temporaire. D'autant que les besoins du fret aérien sont plus que jamais importants du fait de la disparition provisoire des capacités en soute offertes à bord des vols passagers en ces temps de crise sanitaire. L'Airbus A380 va donc s'ajouter à la longue liste des types d'appareils qui pourraient reprendre la voie des airs grâce à leur transformation provisoire en version tout cargo.

Cependant, le marché de la seconde main est un marché très étroit, une version fret est peu probable car Airbus avait étudié cela pour Fedex mais elle n'avait pas été retenue donc il y a de fortes chances pour que l'A380 disparaisse finalement progressivement du ciel international.

Chapitre II. Démantèlement et recyclage des appareils

Depuis la paralysie du secteur aérien liée à la crise du Covid 19 de mars 2020, la plupart des avions se sont retrouvés dans l'incapacité de voler. Cette incapacité a engendré des coûts de maintenance si importants que beaucoup de compagnies aériennes ont décidé de retirer de leur flotte plus tôt que prévu les Boeing 747 et les Airbus A380 qui la composaient. Ces appareils se sont alors retrouvés parkés sur plusieurs sites en attendant une possible reprise. Certains sont repartis, d'autres attendent encore de reprendre du service ou d'être modifiés afin de repartir voler et pour les derniers, la plupart sont des avions « abandonnés » par leur compagnie qui attendent d'être démantelés. C'est le cas par exemple sur le Tarmac de Tarbes où séjournent actuellement entre autres, trois A380 d'Air France. Trois autres arriveront d'ici la fin de l'été 2021. Que deviendront ces appareils ? Seront-ils vendus ? seront-ils démantelés ? « *Pour l'heure, rien n'est décidé* », d'après Patrick Lecer, un ancien d'Airbus, Président de Tarmac Aérosave depuis dix-huit mois. « *Mais il est très possible que certains soient démontés.* »

Pour ces appareils; Tarbes-Lourdes est leur dernière destination. Les quadriréacteurs ont leur avenir derrière eux, car les coûts engendrés par le carburant et la maintenance les sortent du marché par rapport aux biréacteurs et il en va de même pour leurs émissions en CO₂.

Malheureusement, à l'heure actuelle, que ce soit sur le marché du neuf ou de l'occasion, l'A380 ne séduit plus vraiment les compagnies. Par exemple

deux des appareils abandonnés par la compagnie aérienne Singapour Airlines sont revendus en pièces détachées après que leur propriétaire ait vainement essayé de les relouer auprès d'autres compagnies telles que British Airways. Revendre ces appareils en pièces détachées est malheureusement le seul moyen de récupérer une partie de l'investissement initial pour les propriétaires de ces appareils. Mais c'est surtout la solution pour ne pas continuer à entretenir des appareils dont personne ne veut et qui ont peu de chances de reprendre les vols. Ils sont voués au démantèlement.

Les moteurs de ces appareils ont été enlevés mais aussi les calculateurs de l'avionique, les pompes, les gouvernes : jusqu'à 5 000 à 7 000 pièces sur un A380 sont récupérées. Et la valeur de revente des équipements est supérieure à celle de l'avion entier. Toutes les pièces déposées sont nettoyées, triées et entreposées selon les normes de la maintenance aéronautique.

Afin d'être revendus en pièces détachées, les appareils sont démantelés dans des sites spécialisés tel que Tarmac Aérosave situé dans le Sud-Ouest de la France à Tarbes. La plupart des pièces présentes dans un avion sont revendues sur le marché de l'occasion. Seuls moins de 10% de l'appareil seront incinérés ou amenés en décharges et concernent essentiellement les résidus de plastique ou de composite carbone. Pour le reste, les pièces ne pouvant être vendues sur le marché de l'occasion, elles seront transformées. Ainsi plus de 90% des pièces d'un appareil sont valorisées dans des filières spécialisées. L'acier par exemple, présent dans les avions se retrouvera dans les portières d'automobiles. L'aluminium quant à lui sera refondu afin de

produire de nouvelles pièces aéronautiques. Ou encore les hublots qui seront transformés afin de servir à la composition de vêtements comme les vestes polaires⁸. Les pièces conformes sont nettoyées, emballées et vendues sur le marché de l'occasion. Les principaux métaux, aluminium, titane et Inox (comme les boucles de ceintures de sécurité) sont recyclés.

Les moteurs quant à eux sont récupérés par Rolls Royce puisqu'ils sont toujours en bon état. Le motoriste s'en servira comme pièces détachées.

Certains appareils seront rachetés en l'état et démantelés directement par leur acquéreur. C'est le cas par exemple des trois Boeing 747-400 dont la compagnie aérienne Corsair International s'est séparée mi-juin 2020, ils ont été repris par Fortress Aviation and Investors (FAI), qui va les démanteler en Grande Bretagne.

Les 747 et A380 sont les principales victimes aéronautiques de la pandémie de Covid-19, et Corsair n'a pas échappé à la règle puisqu'en juin 2020, la compagnie annonçait le départ de son dernier 747. Air Partner Remarketing (division du groupe mondial de services d'aviation Air Partner), a annoncé avoir « *agi en tant qu'agent de remarketing* » pour vendre les trois appareils fabriqués en 1992 pour United Airlines. L'acquéreur de ces trois appareils a déclaré dans un communiqué : « *Il y avait un intérêt considérable pour ces B747, en particulier en raison du type de moteur. Bien que le marché soit actuellement*

⁸ Reportage journal de 20H de TF1 du 31 janvier 2021 présenté par Gilles Bouleau.

plus difficile, certains types d'avions et de moteurs sont en demande. Nous continuons de commercialiser une variété d'avions (...)».

Selon le bureau d'études allemand Scope Analysis, pas moins de seize A380 devraient être restitués à leurs loueurs au cours des six prochaines années. Et il est peu probable que ces appareils trouvent preneurs, surtout après l'annonce de l'arrêt de la production. Ils seront ainsi démantelés eux aussi et leurs pièces recyclées.

Lorsque le démontage des appareils a atteint le stade où il ne pourra plus voler, il perd son certificat de navigabilité et devient un déchet. Le recyclage continue, selon la certification ISO 14001⁹, pour atteindre 90 % de la masse de l'appareil, en découpant le fuselage à l'aide d'un portique avec câble diamanté et arrosage pour capter les poussières. À chaque stade, des bacs permettent un tri sélectif. Et certaines pièces seront réutilisées.

Comme le disait Antoine Lavoisier, ancien chimiste français : « *Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme* » et c'est particulièrement le cas pour les pièces d'avions.

En effet, la société de démantèlement TARMAC Aérosave a signé un partenariat avec Aero-Design pour développer une gamme d'objets de décoration fabriqués à partir de pièces d'aéronefs démantelés. Ce projet de

⁹ La norme ISO 14001 définit une série d'exigences que doit satisfaire le système de management environnemental d'une organisation pour que celle-ci puisse être certifiée — par un organisme extérieur et pour une durée limitée — comme répondant à la norme.

recyclage donnant une nouvelle vie aux pièces d'avion pourrait concerner les deux Airbus A380 en cours de démontage à Lourdes. Ce recyclage et cette réutilisation des pièces des appareils porte un nom : le « upcycling » en anglais ou « surcyclage » en français. Ce processus permet de créer des objets uniques et ainsi leur donner une certaine valeur

Le groupe français spécialisé dans la maintenance, le stockage et le recyclage des avions commerciaux explique dans un communiqué que son partenaire Aero-Design, fondé par une artiste passionnée par l'aviation, Agnès Patrice-Crépin, s'est fait un nom en transformant des pièces venues du monde aéronautique « *en ornements uniques et en meubles avant-gardistes* » ; la gamme comprend des bijoux, des trophées et des cadeaux d'entreprise. Après plusieurs projets de collaboration réussis avec TARMAC Aérosave, notamment à l'occasion du 10e anniversaire de la société, l'idée d'un partenariat semblait donc « *tout à fait naturelle* », d'autant qu'il existe « *une demande croissante des amateurs et des collectionneurs* » que TARMAC Aérosave ne peut pas satisfaire : l'entreprise opérant à l'échelle industrielle, elle ne peut personnaliser chaque demande et prendre le temps nécessaire pour travailler sur des pièces individuelles. Dans ce partenariat, TARMAC Aérosave s'occupe du démantèlement de l'avion. Et Aero-Design réemploie ces pièces retirées en créant des objets du quotidien. Pour ce nouveau partenariat, TARMAC Aérosave met de côté « *certaines des pièces les plus fines qui ne sont pas destinées à un autre marché ni au recyclage* » ; il s'agit de « *réutiliser, créer des objets uniques et leur donner une nouvelle valeur* ».

Une autre entreprise recycle également les pièces recyclées des appareils. La Start up française : A Piece Of Sky, incubée par le constructeur Airbus à Toulouse. Cette entreprise donne une seconde vie aux pièces d'avion qui sont recyclées et revalorisées de façon inédite, l'encadrement d'un hublot devient alors une table basse ou une aile devient une bibliothèque, des hublots sont réutilisés afin de créer des lampes (**voir annexe 6**). Comme l'explique l'une des personnes à l'origine du projet : *« avec un avion, on fabrique quelques centaines de pièces de mobilier, nous voulions valoriser cet héritage industriel »*.

Cependant avant de les conduire au démantèlement, le but des propriétaires d'appareils quadriréacteurs est de les réutiliser comme nous l'avons étudié plus tôt. Que ce soit sous leur forme initiale, c'est-à-dire pour le transport de passagers en les louant à d'autres compagnies, ou sous une forme hybride leur permettant de transporter à la fois du fret et des passagers ou encore sous forme d'avions cargo, cette réutilisation présente tout de même des limites qu'il faut prendre en compte.

TITRE II : La protection de l'environnement au cœur des préoccupations

Même si les très gros porteurs sont abandonnés par les compagnies aériennes, ils peuvent être amenés à voler de nouveau soit parce qu'ils sont loués par d'autres compagnies, soit parce qu'ils ont été transformés et transportent des marchandises en lieu et place des passagers, mais quelle que soit la solution qui est choisie, celle-ci aura deux conséquences, la première porte sur les infrastructures aéroportuaires (**Chapitre 1**) et la seconde concerne l'impact environnemental qui influe énormément sur leur devenir (**Chapitre 2**).

Chapitre I. Des infrastructures spécialement aménagées

Tel que nous l'avons étudié précédemment, les appareils quadriréacteurs sont les plus gros avions jamais assemblés. S'ils permettent de transporter beaucoup plus de passagers que les avions déjà existants sur le marché, ils nécessitent néanmoins que les aéroports procèdent à certains aménagements afin d'atterrir sur leur site.

En effet, à cause de leurs dimensions exceptionnelles, le Boeing 747 et l'Airbus A380 vont contraindre certaines plateformes aéroportuaires à réaliser des aménagements plus ou moins importants afin de les accueillir. Cette question des aménagements était assez problématique lors de la sortie de l'A380, mais d'après le Président d'Aéroport de Paris (ADP) à l'époque, *« Tous les aéroports du monde sont de toute façon confrontés à la mise aux normes de leurs installations parce que la flotte évolue, et il n'y a pas que l'A380 qui nécessite des aménagements, le Boeing 777 notamment nécessite de renforcer les pistes »*.

Néanmoins, « *Il est clair que dans certains endroits, il va falloir faire des travaux importants* » (pour le roulage, virage, parking), déclarait à l'AFP Denis Chagnon, porte-parole de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI).

Parmi les aménagements nécessaires aux infrastructures aéroportuaires afin d'accueillir l'A380 on retrouve :

- ➔ La longueur de piste. L'A380 a besoin d'une distance de 2900 mètres afin de décoller et de 1900 mètres pour atterrir. Il faut alors une piste suffisamment longue pour lui permettre d'atterrir et de décoller.
- ➔ La largeur de la piste. Une piste doit disposer d'une largeur minimale afin de permettre à l'appareil d'être manœuvré sur celle-ci en toute sécurité par les membres d'équipage. Pour l'Airbus A380 elle doit être de 45 mètres minimum.
- ➔ Les accotements. Une piste de 45 mètres avec des accotements de 7,5 mètres de chaque côté offre à l'appareil une certaine marge de sécurité afin d'éviter l'ingestion d'oiseaux, objets ou tout autre danger par les moteurs.
- ➔ Les aires de stationnement. Elles doivent être à même de supporter la masse des très gros porteurs.
- ➔ Et bien d'autres comme les voies de circulation, les ponts au-dessus de routes ou voies ferrées etc...

Mais les aménagements côté piste ne sont pas les seuls nécessaires pour accueillir un avion de cette envergure puisque l'on retrouve également des aménagements côté ville. En effet, les très gros porteurs étaient utilisés pour transporter un maximum de passagers sur une destination. Ainsi, un aéroport qui accueille un appareil tel que l'Airbus A380 doit pouvoir accueillir les quelques 800 passagers qui affluent en même temps et au même endroit. Certains aéroports en ont d'ailleurs profité pour réaliser de nouvelles

aérogares. C'est le cas de Londres-Heathrow, où le gestionnaire de l'aéroport avait investi 639 millions d'euros dans la construction d'un nouveau terminal. C'est le cas également de l'aéroport de Los Angeles.

D'autres aéroports ont quant à eux aménagé les infrastructures existantes. Tel est le cas de l'aéroport de Paris qui avait dépensé 100 millions d'euros pour permettre aux Terminaux 2E et 2F d'accueillir l'afflux de passagers surtout lors du débarquement. Pour cela il a fallu agrandir les zones de circulation, les zones de contrôle également, prévoir un étage aux terminaux car l'appareil étant sur deux niveaux, lorsqu'il est rempli entre 80% et 100% de sa capacité il nécessite un étage pour débarquer les passagers. En dessous de 500 passagers, il n'est plus nécessaire puisque c'est quasiment le même nombre de passagers qu'un Boeing 747 ou un Boeing 777.

Cependant, la question qui se pose si les appareils quadriréacteurs et double pont disparaissent du trafic aérien, concerne ces infrastructures. Ces aménagements ont eu un coût et ne seront plus nécessaires puisque les nouveaux appareils en construction peuvent décoller et atterrir sur des pistes de plus en plus courtes et n'ont pas besoin d'atterrir dans des aéroports homologués puisqu'ils ont des tailles plus « standards » qui leur permettent d'aller partout et ainsi s'adapter au marché actuel qui est plutôt les liaisons « point à point » c'est-à-dire d'une destination à une autre sans avoir à passer par un HUB et changer d'appareil pour atteindre sa destination.

De plus, nous évoquions précédemment la possibilité de réformer ces appareils dans le but de leur donner une nouvelle vie en appareils cargo. Seulement le problème des infrastructures aéroportuaires se posera à nouveau puisque seuls les HUB pourront à nouveau accueillir de tels appareils sur leurs pistes. Il en va de même pour la quantité de fret

transportée, seuls les aéroports en capacité de traiter autant de marchandises que peut en transporter un A380 pourra l'accueillir. Certains aéroports seront peut-être alors amenés à aménager leurs infrastructures afin de se conformer à ces appareils ce qui va représenter un coût qui risque de se répercuter sur les compagnies cargo opérant sur ces aéroports. Ce coût sera alors à ajouter à celui du réaménagement des appareils. Cette idée d'appareil dédié au transport de fret plutôt qu'au transport initial, de passagers, risque de ne pas être réalisable et surtout de ne pas intéresser beaucoup de compagnies cargo en raison du coût que cela va représenter.

Mais en plus de ce coût et de ces aménagements très importants à réaliser, il faut penser à l'impact environnemental de ce type d'appareil et freinant considérablement leur déploiement.

Chapitre II. Une empreinte carbone incompatible avec les objectifs actuels

L'une des principales causes de l'arrêt de la production des très gros porteurs est environnementale. En effet, ces appareils étant très gros, très lourds et disposant de quatre réacteurs, ils demandent une quantité de kérosène plus importante que les appareils biréacteurs et ainsi rejettent une quantité de dioxyde de carbone (CO₂) beaucoup plus importante. Ce sont également des avions plus bruyants que les biréacteurs ce qui dérange de plus en plus les populations vivant aux abords des infrastructures aéroportuaires.

Le bruit représente, selon la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC), la première source de nuisances environnementales des aéroports. Il est généré par les aéronefs lors de leurs phases d'approches ou de décollage sur les plateformes aéroportuaires et constitue une des nuisances les importantes pour les riverains. Plus un avion est lourd et plus il va générer de nuisances lorsqu'il se présente dans un aéroport. Même si l'Airbus A380 est connu pour être un avion très silencieux (contrairement au Boeing 747 qui est l'un des appareils les plus bruyants), il reste tout de même plus bruyant qu'un A350 par exemple puisque c'est un avion très lourd. Et cette pollution acoustique est très largement dénoncée par les riverains et les ONG (Organisation Non Gouvernementale) qui demandent régulièrement aux gouvernements de réduire le nombre de ces appareils voire même de les interdire dans les aéroports. Ainsi, les aéroports ont mis en place plusieurs mesures visant à réduire cette pollution acoustique avec notamment l'interdiction de vol la nuit ou encore en faisant voler les appareils plus haut en approche que d'ordinaire, ce qui permet de réduire le bruit qu'ils émettent durant cette phase. En effet, l'avion ne s'aligne plus à 15 kilomètres mais à 20 kilomètres de la piste et à 1 200 mètres d'altitude au lieu de 900 mètres. Cette mesure permet par exemple pour un Boeing 747 de réduire ses décibels en approche de 75 à 71 dB¹⁰.

Ensuite, le réchauffement climatique étant une préoccupation mondiale majeure actuellement, il était nécessaire de réglementer les émissions de CO₂ et notamment celles émises par le transport aérien à la fois à l'international avec les normes de l'OACI, dans la réglementation européenne et également dans la réglementation nationale. Le défi majeur est de trouver un équilibre entre la protection de l'environnement et les intérêts

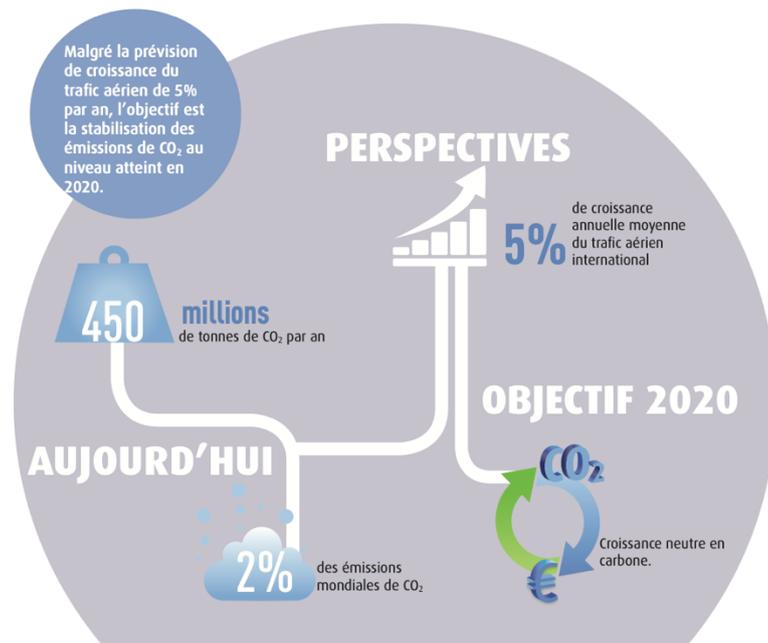
¹⁰ T. VIGOUREUX, « Moins de bruit aux abords des aéroports parisiens », Le Point, 17.11.2011.

économiques d'un secteur en pleine croissance ébranlé par la crise sanitaire actuelle.

En matière de transport aérien, la convention fondatrice est la Convention de Chicago sur l'aviation civile internationale signée le 7 décembre 1944 et ratifiée à ce jour par 192 États. Entrée en vigueur le 4 avril 1947, cette Convention met en place sous l'égide de l'ONU une organisation internationale chargée de sa mise en œuvre, l'OACI.

L'une des missions de l'OACI est l'unification de la réglementation aérienne à l'échelle mondiale et est énoncée à l'article 37 de la Convention qui dispose que : « *Chaque État contractant s'engage à prêter son concours pour atteindre le plus haut degré réalisable d'uniformité dans les règlements, les normes, les procédures et l'organisation relatifs aux aéronefs, au personnel, aux voies aériennes et aux services auxiliaires, dans toutes les matières pour lesquelles une telle uniformité facilite et améliore la navigation aérienne. À cette fin, l'Organisation de l'aviation civile internationale adopte et amende, selon les nécessités, les normes, pratiques recommandées et procédures internationales* ». Dans cet objectif d'unification, la Convention de Chicago comprend 19 annexes qui couvrent la quasi-totalité des thématiques liées aux opérations aériennes civiles. Et c'est l'annexe 16 qui porte sur la protection de l'environnement.

Il existe également des normes européennes en vue de protéger l'environnement parmi lesquelles on retrouve le programme CORSIA initié en 2016 lors de la 39^{ème} assemblée de l'OACI. Le programme CORSIA est le Programme de Compensation et de Réduction de Carbone pour l'Aviation Internationale. Le principe de ce programme est que toutes les émissions de CO2 dépassant le niveau des émissions atteint en 2020 seront compensées par l'acquisition de « *crédits de réduction des émissions de CO2* » acquis sur un marché alimenté par des secteurs d'activité qui réduisent leurs émissions.



Source : « L'aviation, premier secteur à se doter d'un dispositif mondial de maîtrise de ses émissions de CO₂ », DGAC, Ministère de la Transition Écologique, 2017.

Ce programme CORSIA présente plusieurs phases, la première est comprise entre 2021 et 2026 et est basée sur le volontariat. C'est-à-dire que seuls les États volontaires devront, dès 2021, respecter ce principe de croissance neutre en carbone. Actuellement 70 États sont volontaires ce qui représente 88% de l'activité internationale (**voir annexe 7**).

On comprend alors aisément que les appareils très polluants tels que le Boeing 747 qui est trop vieux ou encore l'A380 trop gourmand en énergie et avec une empreinte environnementale importante n'intéressent plus les États et les compagnies puisqu'ils ne permettraient pas de respecter le programme CORSIA. C'est ce qui explique également en partie, pourquoi il y a eu un tel abandon de ces très gros porteurs par les compagnies depuis

quelques temps, depuis la crise sanitaire et surtout depuis 2020-2021 puisque le programme commence pour les États volontaires.

Ensuite, outre les normes adoptées afin de réduire la pollution générée par le trafic aérien, le secteur fait preuve d'innovations. En effet, les avionneurs cherchent à rendre les avions plus verts en réduisant la consommation globale en carburant. Ainsi, les appareils qui sont construits actuellement sont désormais plus légers et aérodynamiques, moins gourmands en kérosène et évitent d'en brûler au sol.

De plus, les ingénieurs développent les vols aux biocarburants. Il s'agit de remplacer une partie du kérosène par des carburants fabriqués à partir de végétaux au bilan environnemental plus avantageux. Leur utilisation réduirait de 50 à 90 % les émissions de gaz à effet de serre par rapport au kérosène actuel. Mais leur utilisation à grande échelle se heurte aux contraintes très spécifiques du transport aérien et au coût de ce biocarburant. Les carburants alternatifs doivent être soumis aux mêmes règles que le kérosène, à savoir : pouvoir être utilisé partout dans le monde, résister à des variations extrêmes de températures et de pression, être compatible avec l'ensemble des pièces moteur et des pièces en contact avec le carburant.

À ce jour, les biocarburants utilisés sont des carburants alternatifs dits « drop in » : le biocarburant est mélangé au kérosène traditionnel fossile, en quantité importante (jusqu'à 50%) sans en perturber les propriétés et sans nécessiter de modifier les pièces du moteur de l'avion. Ces biocarburants sont composés d'huiles végétales. Cependant, même si ces biocarburants

réduisent l'impact en CO2 des avions, sont-ils réellement moins impactants pour l'environnement que le kérosène ? Étant donné que certains biocarburants proviennent de l'huile de palme, ils ont un impact environnemental négatif lors de la récolte de cette huile connue pour être à l'origine de la déforestation en Amazonie. Il faudrait alors privilégier les circuits courts afin de réaliser ces biocarburants en imposant à chaque État d'utiliser et optimiser les ressources disponibles sur son territoire notamment en récupérant les huiles usagées.

Les biocarburants seraient alors une alternative au kérosène et c'est ce qu'a récemment tenté la compagnie Finnair qui a commencé à opérer certains vols avec un mélange de 12 % de biocarburant fabriqué à partir d'huiles de cuisson usagées. Cette initiative lui permet de réduire jusqu'à 32 tonnes de CO2 un vol entre San Francisco et Helsinki dans un Airbus A330-300¹¹.

Autre innovation, le constructeur Airbus a présenté en septembre 2020 trois concepts d'avions propulsés à l'hydrogène qu'il espère développer d'ici à 2035 puisqu'ils seraient non polluants. « *L'hydrogène est un carburant qui possède trois fois plus d'énergie pour un kilo donné que le kilo de kérosène. Il rejette de l'eau et pas du CO2, il va se mélanger avec l'oxygène et produire de l'eau* » expliquait Jean-Brice Dumont¹², vice-Président exécutif de l'ingénierie chez Airbus. Cependant, il précise que : « *L'hydrogène est beaucoup plus volumineux que le kérosène et on doit le transporter dans sa version liquide qui est cryogénique, à -250 degrés,*

¹¹ Air Journal, « *Finnair relie San Francisco à Helsinki avec du biocarburant,* » Air Journal, 2019.

¹² Europe 1, « *Temps de vol, prix... Cinq questions sur le concept d'avion à hydrogène présenté par Airbus* », 21 septembre 2020.

comme ce qu'on a l'habitude de voir dans les hôpitaux. Ce sont des contraintes d'emport qui vont éventuellement changer la forme de l'avion pour arriver à s'accommoder à un carburant qui n'a pas les mêmes contraintes que le kérosène ». Ainsi ces avions à hydrogène demandent encore beaucoup de temps et d'étude avant d'arriver sur le marché aérien et ne sont donc pas prévus pour « demain ».

On comprend alors aisément que les quadriréacteurs sont exclus du marché aérien à cause de leur empreinte carbone importante et que de nombreuses innovations technologiques permettent de les remplacer et ainsi de réduire l'empreinte carbone du secteur aérien dans les années à venir. Que ce soit avec les nouveaux appareils tels que l'A320 Néo, l'A321XLR, l'A350 étudiés dans un chapitre précédent, ou avec l'arrivée des biocarburants et des avions à hydrogènes, ou encore avec l'adoption de normes toujours plus strictes, les quadriréacteurs ne répondent plus aux exigences environnementales en vigueur.

CONCLUSION

L'ère des très gros avions quadriréacteurs semble révolue, au profit d'avions long-courriers bimoteurs tels que l'Airbus A350, A321XLR, A320 Néo ou encore au Boeing 737 Max ou Boeing 787. Ces appareils sont des avions de nouvelle génération moins gourmands en carburant, plus faciles à exploiter et surtout avec une empreinte environnementale beaucoup moins importante que celle des très gros porteurs.

La production du Boeing 747 est arrêtée depuis 2016 déjà et son exploitation est de plus en plus réduite car étant très vieux il n'est plus intéressant pour les compagnies aériennes. La crise sanitaire du Covid-19 de 2020 n'a rien arrangé ainsi cet appareil devrait totalement disparaître du monde aéronautique.

En revanche, concernant l'Airbus A380 il reste tout de même quelques lueurs d'espoirs d'une part grâce aux compagnies du Golfe ou encore Singapour Airlines qui souhaitent continuer son exploitation étant un appareil qui répond à leurs besoins en reliant de grands HUBS à travers le monde. Et d'autre part grâce aux entreprises comme Hi Fly qui transforment ces géants des airs en appareils hybrides capables de transporter à la fois des passagers et plus de fret que dans un avion de ligne classique ou en appareils dédiés uniquement au transport de fret. De plus, même si leur exploitation

est terminée, le constructeur français continuera à assurer leur maintenance. Un appareil ayant une durée de vie d'environ 25 ans, et le dernier A380 ayant été livré à Emirates en 2021, nous pouvons penser, à raison, que le ciel international sera peuplé de quelques A380 pendant encore 25 années.

Cependant, les normes environnementales internationales et européennes ne favorisent pas l'exploitation des très gros porteurs qui ne les respectent pas et sont beaucoup trop vieux notamment pour le B747, trop polluants ou encore trop bruyants. Et c'est pourquoi les compagnies aériennes se dirigent plutôt vers des avions biréacteurs, plus récents, plus respectueux de l'environnement et plus adaptés au marché aérien actuel. C'est le cas par exemple de la compagnie aérienne United Airlines qui a passé une commande de 270 appareils qui sont uniquement des biréacteurs avec 200 Boeing 737 Max et 70 Airbus A321neo¹³. Et ce n'est pas la crise sanitaire du COVID-19 qui empêchera le secteur aérien de repartir et de retrouver sa croissance d'avant crise.

Le secteur aérien semble ainsi bouleverser sa stratégie par rapport au début des années 2000 afin de répondre aux exigences environnementales mais également aux exigences du marché. Malgré cela, on peut voir émerger certains courants tel que le « flygskam » ou « honte de prendre l'avion ». Cette tendance s'est développée en Suède où une partie de la population renonce à prendre l'avion par honte. Cette honte est due à l'empreinte environnementale du secteur aérien, les suédois ont « honte » de contribuer

¹³ Le Figaro, « *United Airlines passe une méga-commande de 270 avions Boeing et Airbus* », 29.06.2021.

au réchauffement climatique en utilisant l'avion pour se déplacer. Cette honte ne se cantonne pas à la Suède et se répand en Europe ainsi qu'aux Etats-Unis.

Cette honte se trouve amplifiée auprès des jeunes par le phénomène des réseaux sociaux où des « influenceurs » partagent leur vision parfois drastique et restrictive de l'écologie.

Pour illustrer et quantifier ce phénomène, l'Union des Banques Suisses (UBS) a interrogé pas moins de 6 000 personnes aux États-Unis, en Allemagne, en France et au Royaume-Uni et 21 % assurent avoir déjà décidé de réduire leurs voyages en avion au cours de l'année¹⁴. Selon cette étude, une personne sur trois envisage de ne plus prendre l'avion dans les années à venir.

Avant la crise sanitaire du Covid-19, le trafic aérien dans le monde augmentait chaque année de 4 à 5 %. Seulement, des campagnes telles que celles menées par Greta Thunberg concernant la crise climatique risquent de provoquer un changement d'habitudes en Europe et aux États-Unis et le trafic aérien pourrait alors connaître une croissance moins importante qu'avant, aux alentours 1,5 % par an dans l'Union européenne au cours des quinze prochaines années, et de 1,3 % aux États-Unis.

¹⁴ Courrier International, « Honte de prendre l'avion, comment le « flygskam » est en train de changer nos habitudes », 29.10.2019.

Suite à l'émergence de phénomènes tels que le « flygskam », le trafic aérien va-t-il connaître une reprise post crise Covid beaucoup moins importante que celle qui était prévue ? Le secteur aéronautique fera-t-il face à une nouvelle crise l'obligeant à trouver rapidement des solutions visant à réduire son empreinte environnementale dans l'espoir de retrouver un niveau de croissance élevé ?

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Un trafic résistant qui double tous les 15 ans

Annexe 2 : Croissance du trafic aérien mondial par continent jusqu'en 2017

Annexe 3 : Objectifs pour une croissance neutre en carbone du transport aérien

Annexe 4 : Plan de vol ETOPS

Annexe 5 : Le déclin des quadrimoteurs accentué par la crise sanitaire

Annexe 6 : Lampe réalisée à partir de hublots

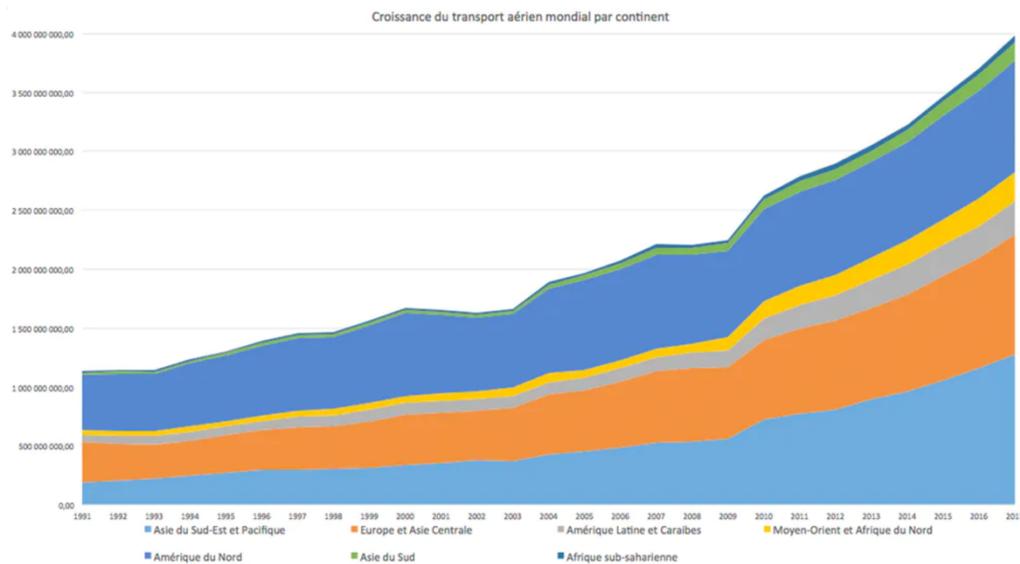
Annexe 7 : Etats participant au programme CORSIA

ANNEXE 1 : Un trafic résistant qui double tous les 15 ans



Source : OACI, Airbus GMF 2018

ANNEXE 2 : Croissance du trafic aérien mondial par continent jusqu'en 2017



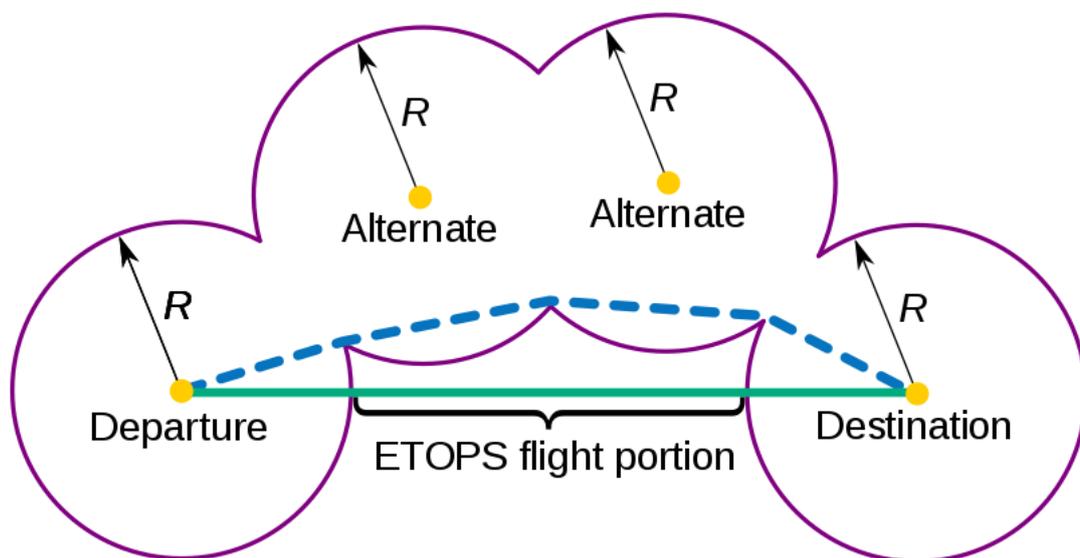
Source : Banque mondiale

ANNEXE 3 : Objectifs pour une croissance neutre en carbone du transport aérien.



Source : OACI

ANNEXE 4 : Plan de vol ETOPS

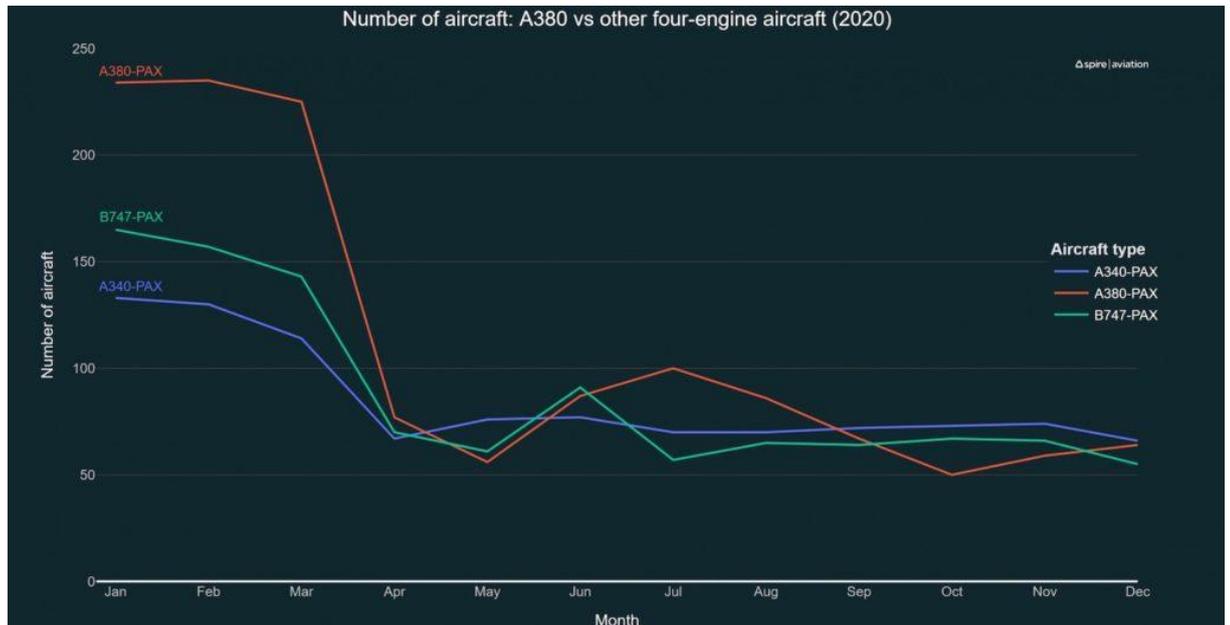


- Airports
- Non-ETOPS flight path
- ETOPS flight path
- R Distance traveled in rated time with one engine operative

Différence entre un plan de vol ETOPS (ligne continue verte) et un plan de vol non ETOPS (ligne en pointillé bleue)

Source : Wikipédia, Formulaire ETOPS

ANNEXE 5 : Le déclin des quadriréacteurs accentué par la crise sanitaire



Source : J. BONNARD, « *La fin des Airbus A380 observée par les satellites* », Aerobuzz, 12.04.202.

ANNEXE 6 : Lampe réalisée à partir de hublots



Oxygen **AIRBUS**
A Piece of Sky

Marque: Airbus - A Piece of Sky
Référence: OXYGEN-I
📦 Livraison sous 3 semaines

549,00 €
3x 183€ sans frais

Couleur ^{*}

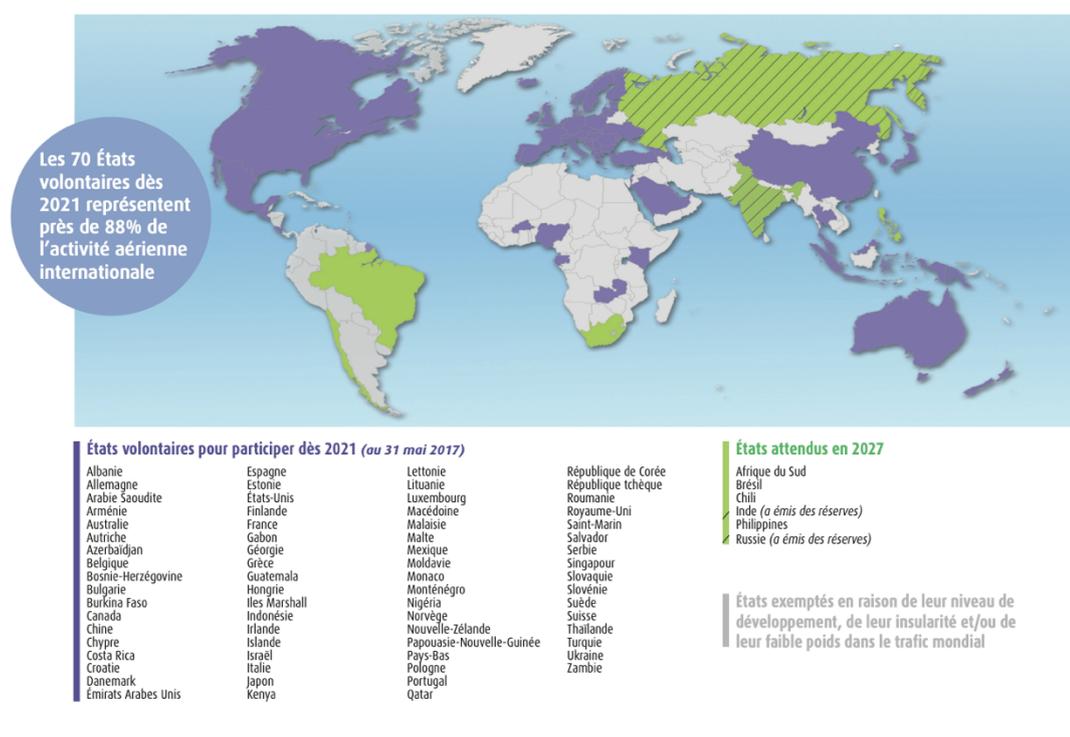
Oxygen I



1 AJOUTER AU PANIER

Source : <https://www.voltex.fr/oxygen-33183.html>

ANNEXE 7 : Etats participant au programme CORSIA



Source : « L'aviation, premier secteur à se doter d'un dispositif mondial de maîtrise de ses émissions de CO₂ », DGAC, Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, 2017.

BIBLIOGRAPHIE

I- THESES ET MEMOIRES

- **H. BADEREDDINE, H. BENZAZZI**, « Étude sur l'aéroport d'Alger pour accueillir l'A380 », Institut d'aéronautique et des études spatiales, Université SAAD DAHLAB-Blida, Mémoire, 2018.
- **L. COUILLET**, « Les enjeux de la qualité, l'hygiène, la sécurité et l'environnement dans le démantèlement des gros porteurs », Université de Lille, Mémoire.
- **G. DE VERNEUIL**, « Comment répartir le partage des recettes et des coûts pour les vols en correspondance au sein d'une compagnie de réseau comme Air-France ? Comment mesurer leur rentabilité pour le réseau Moyen-Courrier ainsi que leur apport au réseau global ? », Université Paris-Dauphine, Thèse, 2014.
- **T. LARZHAOUI**, « Fiabilisation de la technologie courant porteur en ligne en vue de piloter des actionneurs d'aéronefs », INSA Rennes, Université de Bretagne, Thèse, 2014.
- **N. LENOIR**, « Congestion et créneaux aéroportuaires », École Nationale de l'Aviation Civile, Rapport de Recherche, 2014.

II- ARTICLES

- J. BONNARD, « La fin des Airbus A380 observée par les satellites », Aerobuzz, 12.04.202.
- J. BONNARD, « [Rétro 2020] Le glas sonne pour les quadriréacteurs », Aerobuzz, 21.12.2020.
- F. DUCLOS, « A380 : oui pour British Airways et Qantas, non pour Qatar Airways et peut-être China Southern », Air Journal, 15.04.2021.
- « A321 XLR : l'arme d'Airbus pour damer le pion à Boeing », Capital, 11.02.2021

- « L'A380 a sa place dans le réseau de British Airways », Journal Aviation, 27.04.2021.
- F. DUCLOS « Qantas : retour des A380 mais suppressions de postes », Air Journal, 21.05.2021.
- F. DUCLOS, « Voici le premier Airbus A380 cargo », Air Journal, 8 juillet 2020.
- F. DUCLOS, « Airbus A380 : toujours plus pour Emirates, fin aout pour British Airways ? », Air Journal, 05.07.2021
- F. DUCLOS, « Air France : A380 à vendre ou à louer et cargo au biocarburant », Air Journal, 09.12.2020.
- F. DUCLOS, « Les 747 de Corsair ont trouvé preneur – avant la casse », Air Journal, 14.07.2020.
- F. DUCLOS, « Air France : demi-tours d'A330 et 777, démontage d'un A380 », Air Journal, 30.12.2020.
- F. DUCLOS, « Air France dit adieu à son dernier quadriréacteur », Air Journal, 14.10.2020.
- « La solution Airbus pour reconverter en cargo les gros-porteurs », Aerobuzz, 30.04.2020.
- V. CAZALE, « Pourquoi l'armateur CMA CGM achète des Airbus ? », Entreprendre, 15.02.2021.
- O. CONSTANT, « Crise sanitaire : l'Airbus A380 pourrait connaître une nouvelle carrière dans le cargo », Actu Transport Logistique, 12.05.2020
- D. DAGOURET, « Emirates utilise un Airbus A380 comme avion-cargo », Aeroweb, 15.11.2020.
- B. TREVIDIC, « Nouvelle vie pour les A380 d'occasion », Les Échos, 05.08.2018.
- S. UGOLINI, « L'A380 d'occasion renaît grâce à Hi Fly », Capital, 04.08.2018.

- T. BOOM, « Airbus: Passenger To Freighter A380 Conversions Technically Feasible », Simple Flying, 06.04.2021.
- « Airbus A380-800F Wide-Bodied Freighter », Aerospace Technology.
- « L'airbus A380, transformé en avion 100% cargo », Actu Aero, 06.05.2020.
- T. VIGOUREUX, « À Lourdes, les avions aussi se refont une santé », Le Point Économie, 21.07.2019.
- « Tarmac Aérosave s'associe à Aero-design pour la création de pièces surcyclées », Aero-Design.
- L. DE CORTANZE, « Un second envol pour les pièces d'avion », Franchement Bien, 16.04.2019.
- T. BLANCMONT, « Bientôt des pièces d'A380 dans votre salon ? », Air Journal, 01.01.2019.
- « Deux A380 d'occasion contraints d'être revendus en pièces détachées, faute d'acheteurs », Usine Nouvelle, 05.06.2018.
- M. A DERHALLY, « Emirates' Tim Clark: Coronavirus is a black swan event for the airline industry », BUSINESS, 05.05.2020.
- B. TREVIDIC, « A380, la chronique d'un échec annoncé », Les Échos, 20.02.2019.
- B. TREVIDIC, « Boeing passe le cap des 100 milliards de dollars de chiffre d'affaires », Les Échos, 30.01.2019.
- B. TREVIDIC, « Les deux premiers Airbus A380 seront vendus en pièces détachées », Les Échos, 06.06.2018.
- « Boeing 747, Airbus A380 : Vers la fin des géants des airs ? », La Libre, 17.07.2020.
- « Menace sur l'avenir industriel du 747-8 », Aerobuzz, 25.11.2019.
- E. CUGNY, « Le brief éco du jeudi. Le mythique Boeing 747 prend sa retraite », France Info, 30.07.2020.

- « Le transport aérien international perdra 6,5 milliards de dollars en 2003 », Les Échos, 05.08.2003.
- « Quel avenir pour les avions tri et quadriréacteurs ? », Jet Solidaire, 25.10.2018.
- V. GUILLERMARD, « Avec une immense tristesse, British Airways dit adieu à ses Boeing 747 », Le Figaro, 17.07.2020.
- B. TREVIDIC, « Airbus met fin au rêve européen de l'A380 », Les Échos, 14.02.2019.
- O. CHICHEPORTICHE, « Airbus A380, Boeing 747... Comment le coronavirus a accéléré la fin des géants des airs », BMFTV, 19.07.2020.
- S. AMSILI, « En Suède, la « honte de prendre l'avion » plombe déjà le trafic aérien », Les Échos, 20.04.2019.
- « L'arrivée du A380 oblige les aéroports à s'adapter », Bati Actu, 18.01.2005.
- « L'accueil d'A380 n'entraînera pas de restructuration importante des aéroports », Le Moniteur, 24.10.2003.
- « Airbus A380 », Techno – Sciences.
- « L'A380 réussit ses tests sur les pistes de Roissy », La Tribune, 06.06.2007.
- Le Figaro, « *United Airlines passe une méga-commande de 270 avions Boeing et Airbus* », 29.06.2021.
- Courrier International, « Honte de prendre l'avion, comme le « flygskam » est en train de changer nos habitudes », 29.10.2019.
- Jon Ostrower, « Boeing 747-8 completes first flight », flight international, 20 mars 2011.
- C. DUCOURTIEUX, « Au nom du climat, la justice britannique rejette le projet d'extension de l'aéroport d'Heathrow », Le Monde, 27.02.2020.

III- RAPPORTS PUBLICS

- Communication de la Commission Européenne du 25 juillet 2001, « *Gouvernance européenne - Un livre blanc* » [COM (2001) 428 final - Journal officiel C 287 du 12.10.2001].
- Perspectives de Boeing : *Commercial Market Outlook, 2018-2037* ; <https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/market/commercial-market-outlook/assets/downloads/2018-cmo-09-11.pdf>
- Présentation Airbus: *Global Networks, Global Citizens Global Market Forecast 2018-2037*, Eric Schulz, 2018; *Presentation-Eric-Schulz-GMF-2018.pdf*.
- Plan de Mise en oeuvre du programme CORSIA, OACI
- « *L'aviation, premier secteur à se doter d'un dispositif mondial de maîtrise de ses émissions de CO2* », DGAC, Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, 2017.

IV- COURS

- **Jean-Marc BARA**, « *Politique environnementale d'une compagnie aérienne, contribution des opérations aériennes* » Séminaire IFURTA, 2021.
- **Thierry CARTEX**, « *Gestion de crise, Fondamentaux et Organisation* » séminaire IFURTA, 2021.
- **M. Jean-François GUITARD**, Cours de Gestion des aéroports, 2021.
- **Mme. Julie LABORDE**, Cours de Droit Aérien, 2021.
- **Stefano MANCINI**, « *Contribution du contrôle aérien contre les nuisances environnementales, mesure de la performance, EU-ETS* », séminaire IFURTA, 2021.

- **Robert MAURI**, « *Organisations internationales, réglementation, contribution de l'aviation à la lutte sur le changement climatique* », séminaire IFURTA, 2021.
- **M. Romain WINO**, Cours de Géographie du Transport Aérien, 2021.

V- VIDEOS

- **Aeronews TV**, « *A quoi sert la certification ETOPS ou EDTO d'un avion de ligne ?* », 08.02.2019.
- **BFMTV**, « *Deux Airbus A380 revendus en pièces détachées car aucune compagnie ne veut les faire voler* », 05.06.2018.
- **BFMTV**, « *Il était censé remplacer le 747. Pourquoi l'A380 a échoué* », 14.02.2019 à 10h04.
- **BFMTV**, « *L'airbus A380 a-t-il encore un avenir ?* », N. DOZE, 16.01.2018.
- **BFMTV**, « *Les Airbus A380 d'Air France ne voleront plus* », 21.05.2020.
- **Thierry PARIS**, « *L'A380 d'Air France : j'ai fait le début et la fin* », YouTube, Aerobuzz, 22.05.2020.
- **P.J. POIROT**, « *Après l'A380, la fin du mythique 747* », BFMTV, 30.07.2020.
- **Xavier TYTELMAN**, « *QUEL AVENIR POUR AIR FRANCE ? Transformation, finances, environnement : entretien avec Anne Rigail* », YouTube, 26.01.2021.
- **Xavier TYTELMAN**, « *L'aviation : 2 ou 7% de la pollution ? La science a parlé, les lobbies écolo devraient l'écouter !* », YouTube, 18.02.2021.
- « *DOCUMENTAIRE HD | A380 : Un avion monstrueux* », YouTube, 05.12.2019.
- **YOUTUBE**, « *Boeing B747-8 Jumbo Jet* », 30.06.2017.

- **YOUTUBE**, « *Documentaire sur Boeing et son B-747* », 02.05.2016.
- **G. BOULEAU**, « Journal de 20H », TF1, 31 janvier 2021.

VI- Réglementation

- Convention de Chicago du 7 décembre 1944.
- Annexe 16 de la Convention de Chicago du 7 décembre 1944.
- Programme CORSIA du 6 octobre 2016.
- Règlement (CE) N°793/2004 du parlement Européen et du conseil du 21 avril 2004 modifiant le règlement (CEE) N°95/93 du conseil fixant les règles communes en ce qui concerne l'attribution des créneaux horaires dans les aéroports de la communauté. JOCE n° L138/50 du 30 Avril 2004.

SITOGRAPHIE

- **Airbus** : <https://www.airbus.com>
- **Air France Corporate** : <https://corporate.airfrance.com/fr>
- **Air Journal** : <https://www.air-journal.fr>
- **Boeing** : <https://www.boeing.fr>
- **Banque Mondiale** : <https://www.banquemondiale.org/fr/home>
- **Figaro** : <https://www.lefigaro.fr>
- **French Bee** : <https://www.frenchbee.com/fr/notre-flotte-A350>
- **IATA**: <https://www.iata.org>
- **Legifrance** : <https://www.legifrance.gouv.fr/>
- **Les Échos** : <https://www.lesechos.fr/>
- **Ministère de la transition écologique** : <https://www.ecologie.gouv.fr>
- **OACI** : https://www.icao.int/about-icao/pages/fr/default_fr.aspx
- **Wikipédia** : https://fr.wikipedia.org/wiki/Wikipédia_en_français

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	5
AVERTISSEMENT	7
EPIGRAPHE	9
SOMMAIRE	11
TABLE DES ACRONYMES ET SIGLES UTILISES	13
INTRODUCTION	15
I- Présentation des appareils et historique	16
A- Le marché des très gros porteurs civils	16
B- Présentation des appareils	23
II- L'utilité de ces appareils	27
A- L'augmentation de la congestion des aéroports	27
B- Une saturation de l'espace aérien	30
PARTIE 1 : La possible fin d'une ère dans l'aviation civile	32
TITRE I : Des appareils devenus obsolètes	33
Chapitre I. Des difficultés mettant en cause l'exploitation des très gros porteurs	33
Chapitre II. L'émergence de nouveaux appareils plus attractifs	45
TITRE II : Des appareils nécessaires au trafic aérien	51
Chapitre I. De belles années de vols à venir malgré tout	51
Chapitre II. Des conséquences sur le trafic dans les aéroports	55
PARTIE 2 : Une fin nuancée par l'innovation, insuffisante au regard de la protection de l'environnement	62
TITRE I : Une possible réutilisation de ces gros porteurs	62
Chapitre I. Une nouvelle vie en avions cargo	63
Chapitre II. Démantèlement et recyclage des appareils	70
TITRE II : La protection de l'environnement au cœur des préoccupations	76
Chapitre I. Des infrastructures spécialement aménagées	76
Chapitre II. Une empreinte carbone incompatible avec les objectifs actuels	79
CONCLUSION	86
TABLE DES ANNEXES	90
BIBLIOGRAPHIE	98
SITOGRAFIE	105
TABLE DES MATIERES	106
RÉSUMÉ	107

RÉSUMÉ

Français : Les très gros porteurs civils ont été mis en service afin de répondre à des problématiques importantes pour le transport aérien tel que la congestion des aéroports ou la saturation de l'espace aérien. Cependant, ces appareils, surtout l'Airbus A380 n'ont pas eu le succès escompté pour plusieurs raisons tel que la crise financière de 2007-2008 années de mise en service des premiers appareils, ils sont beaucoup trop difficiles à rentabiliser pour les compagnies aériennes et sont également trop gourmands en kérosène et trop polluants ou encore trop vieux concernant le Boeing 747. Ces problèmes amènent donc certains analystes à prévoir un déclin des avions gros porteurs, avec l'entrée en service de nouveaux avions monocouloirs moyen-courriers, comme l'A321XLR et le 737 Max, capables d'effectuer des liaisons transatlantiques à moindre coût et sans devoir passer par les HUBS. Sans oublier le progrès technique avec l'A350 et le Dreamliner, moins gourmands en carburant et qui couvrent de longues distances.

Anglais : The very large civil aircraft were put into service in order to respond to important problems for air transport such as airport congestion or airspace saturation. However, these aircraft, especially the Airbus A380 have not been as successful as expected for several reasons such as the financial crisis of 2007-2008 years of operation of the first aircraft, they are much too difficult to make profitable for airlines and are also too greedy in kerosene and too polluting or too old for the Boeing 747. These problems lead some analysts to predict a decline in wide-body aircraft, with the entry into service of new medium-haul single-aisle aircraft, such as the A321XLR and the 737 Max, capable of making transatlantic connections at lower cost and without having to go through the HUBS. And let's not forget the technical progress of the A350 and Dreamliner, which are more fuel-efficient and cover longer distances.

Mots clés : Quadriréacteurs ; HUB ; gros porteurs ; environnement ; avenir ; réutilisation, biocarburant, flygskam.

Keywords: Quad-reactor; HUB; large aircraft; environment; future; reuse, biofuel, flygskam.